



**Уральский  
федеральный  
университет**

имени первого Президента  
России Б.Н.Ельцина

**Институт Строительства  
и Архитектуры**

**У. А. БУКША  
В. В. БУКША**

# ГЕОДЕЗИЯ

Лабораторный практикум





МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
УРАЛЬСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ ПЕРВОГО ПРЕЗИДЕНТА РОССИИ Б. Н. ЕЛЬЦИНА

У. А. Букша, В. В. Букша

# ГЕОДЕЗИЯ

Лабораторный практикум

Рекомендовано методическим советом  
Уральского федерального университета  
для студентов вуза, обучающихся по направлениям подготовки  
08.03.01, 08.05.01 «Строительство», 07.03.01 «Архитектура»

Екатеринбург  
Издательство Уральского университета  
2018

УДК 528(076)  
ББК 26.12я73-5  
Б906

**Р е ц е н з е н т ы:**

кафедра «Мосты и транспортные тоннели»  
Уральского государственного университета путей сообщения  
(заведующий кафедрой кандидат технических наук,  
доцент Ю. В. Горелов);

А. В. Николаев, генеральный директор  
ООО «Производственно-коммерческая фирма “Палник”»

**Букша, У. А.**

Б000 Геодезия : лаб. практикум / У. А. Букша, В. В. Букша ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2018. – 76 с.

ISBN 978-5-7996-2319-7

В лабораторном практикуме приводятся сведения о топографических картах, указания к решению задач с использованием таких карт, а также примеры решений. Рассмотрены теоретические вопросы и методика работы с геодезическими приборами при проведении геометрического и тригонометрического нивелирования, тахеометрической съемки. Приведены примеры обработки результатов измерений и заполнения журналов измерений.

Практикум необходим студентам при выполнении ими лабораторных работ по геодезии с использованием топографических карт, нивелира и теодолита.

УДК 528(076)  
ББК 26.12я73-5

*На обложке:*  
рисунок Татьяны Букши

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Предлагаемый лабораторный практикум составлен в соответствии с рабочими программами дисциплин «Геодезия» и «Инженерная геодезия». Необходим при выполнении лабораторных работ и прохождении учебной практики студентам вуза, обучающимся по образовательным программам для строителей и архитекторов. Будет полезен и уже практикующим специалистам.

Практикум состоит из двух частей. Первая часть включает лабораторную работу, посвященную изучению топографической карты и решению с ее помощью инженерно-геодезических задач. Обязательность выполнения данной работы диктуется требованиями, которые предъявляются к строителям и архитекторам – выпускникам вуза.

Вторая часть пособия посвящена изучению геодезических приборов и методики геодезических измерений.

В настоящее время большая часть инженерно-геодезических работ выполняется с помощью нивелиров с самоустанавливающейся линией визирования. Несмотря на это, в данном практикуме три лабораторные работы посвящены изучению нивелира с цилиндрическим уровнем, его поверкам и производству с его помощью нивелирования. Такой выбор прибора для выполнения лабораторных работ обусловлен необходимостью формирования у студентов понимания основных принципов, лежащих в основе измерения превышений и высот точек.

В ходе выполнения еще шести лабораторных работ изучаются устройство теодолита и способы его поверки. Отрабатывается методика выполнения угловых измерений и основных видов геодезических работ, где применяется теодолит.

Каждая лабораторная работа сопровождается необходимым для ее выполнения теоретическим материалом с иллюстрациями, примерами вычислений и заполнения журналов геодезических

измерений. Приводятся порядок выполнения заданий, последовательность выполнения действий при работе с геодезическими приборами, а также требования к оформлению отчета.

Порядок выполнения работ может быть изменен преподавателем в целях облегчения студентам выполнения самостоятельных работ и усвоения сведений, полученных на лекциях.

В практикуме использованы материалы лабораторного практикума «Геодезические измерения. Топографические карты и работа с ними» (сост. О. Ю. Упорова, У. А. Букша; Екатеринбург : УрФУ, 2012). Иллюстрации геодезических приборов выполнены В. В. Букшей и Т. В. Букшей.

# **1. ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ КАРТА**

Топографические карты и планы являются носителями информации для строителей и архитекторов. Они служат основой при проектировании зданий и инженерных сооружений, а также при планировке и благоустройстве городов и населенных пунктов. Изучая топографическую карту, студенты приобретают умение получать общее представление о местности и решать, используя полученные знания, инженерно-геодезические задачи.

## **Лабораторная работа 1**

### **Решение инженерных задач с использованием топографической карты**

Для выполнения заданий лабораторной работы необходимы следующие приборы и принадлежности: учебная топографическая карта, масштабная линейка, транспортир, циркуль-измеритель, листы миллиметровой и писчей бумаги или шаблон отчета.

Последовательность выполнения заданий:

1. Измерение расстояний при помощи нормального поперечного масштаба.
2. Определение географических координат точек.
3. Определение прямоугольных координат точек.
4. Определение углов ориентирования линии, заданной на карте.
5. Определение высот точек.
6. Построение на топографической карте линии с заданным предельным уклоном.
7. Построение профиля местности по заданному направлению.

**Задание 1.** Измерить расстояния при помощи нормального поперечного масштаба.

*Топографической картой* называется уменьшенное и искаженное из-за кривизны Земли обобщенное изображение на плоскости горизонтальных проекций контуров и рельефа обширных участков Земли или всей ее поверхности.

Степень уменьшения характеризуется масштабом, который указывают под южной рамкой листа топографической карты. Под численным масштабом располагается его словесное выражение – именованный масштаб, еще ниже – линейный масштаб, который позволяет выполнить измерения расстояний и приращений координат с помощью циркуля-измерителя.

При решении задач, где необходимы измерения с повышенной точностью, применяют поперечный масштаб. Поперечный масштаб представляет собой график, основанный на пропорциональном делении отрезков (рис. 1).

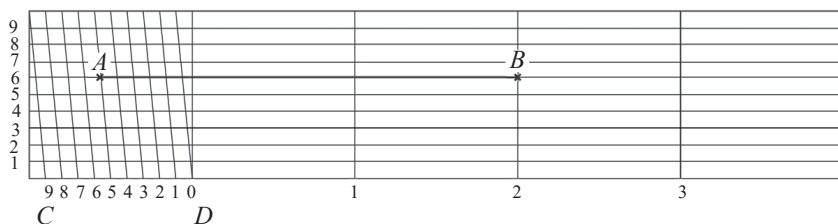


Рис. 1. Поперечный масштаб

На горизонтальной прямой несколько раз отложен отрезок  $CD$  – основание масштаба. Из полученных точек на прямой восстановлены перпендикуляры. Через промежутки, равные  $0,1CD$ , на перпендикулярах проведены 10 прямых линий. Эти прямые параллельны горизонтальной линии.

Крайнее левое основание снизу и сверху разделено на 10 частей таким образом, что одно деление левого основания соответствует  $0,1CD$ . Полученные точки соединены наклонными линиями – *трансверсалиями*.

Параллельные прямые, пересекаясь с трансверсалью, делят ее на 10 равных отрезков. Проекция каждого из этих отрезков на осно-



вание масштаба равна 0,1 части минимального деления и является 0,01 частью основания масштаба (рис. 2). Следовательно, номер горизонтальной прямой есть число сотых долей основания.

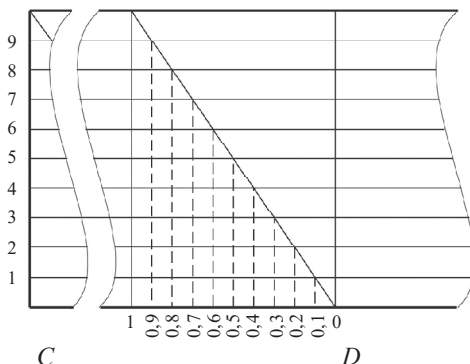


Рис. 2. Проекция отрезков на основание масштаба

Для удобства пользования поперечные масштабы строятся с разными основаниями в зависимости от масштаба топографической карты.

Поперечный масштаб с основанием 2 см называется *нормальным*.

Масштабы топографических карт и величины соответствующих им оснований поперечных масштабов приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

**Масштабы топографических карт  
и соответствующие им основания поперечных масштабов**

Масштабы топографических карт	Основания поперечных масштабов, см
1 : 10 000; 1 : 100 000; 1 : 1 000 000	1
1 : 200 000	5
1 : 25 000	4
1 : 50 000; 1 : 500 000	2

### Порядок измерения расстояний:

- выбрать на листе топографической карты на расстоянии не менее 10 см две точки;
- выяснить, каким расстояниям на местности соответствуют основные деления поперечного масштаба. Например, для карты масштаба 1 : 50 000 основные деления поперечного масштаба 2 см, 2 мм и 0,2 мм соответствуют 1000, 100 и 10 м;
- взять в раствор циркуля измеряемое расстояние. Перенести его на поперечный масштаб так, чтобы правая игла совпадала с одним из перпендикуляров правее нуля. Передвигая вверх по перпендикуляру ножку циркуля, совместить левую иглу с одной из трансверселей. Необходимо следить за тем, чтобы обе ножки циркуля располагались на одной прямой, параллельной основанию;
- отсчет количества целых оснований производить по правой игле циркуля;
- отсчет десятых долей основания осуществлять по наклонной прямой, на которой стоит левая игла;
- сотые доли отсчитываются по числу вертикальных делений между горизонтальной линией, на которой стоит циркуль, и основанием масштаба.

Например, расстояние между точками  $A$  и  $B$  (рис. 1) для карты масштаба 1 : 50 000 равно 2560 м:

$$S_{AB} = 2000 + 500 + 60 = 2560 \text{ м.}$$

Для контроля расстояние измеряется дважды. Расхождение (в метрах) между результатами измерений  $\Delta S$  не должно быть больше количества тысяч в знаменателе численного масштаба карты. Для нашего примера  $\Delta S_{\text{пред}} \leq 50 \text{ м.}$

**Задание 2.** Определить географические координаты точек.

На топографические карты наносят три вида рамок – внешние, внутренние и минутные.

*Внешние рамки* предназначены для придания оригиналу карты эстетического и законченного вида.

*Внутренние рамки* ограничивают внутреннее содержание топографической карты. Северная и южная рамки представляют

собой отрезки дуг параллелей, а западная и восточная – отрезки дуг меридианов. В углах внутренних рамок указываются их географические координаты (рис. 3).

*Минутные рамки* представляют собой чередование залитых и незалитых отрезков вдоль внешних рамок. В северном и восточном полушариях заливаются все нечетные минуты, в южном и восточном – четные. Число минут (градусов) зависит от масштаба листа топографической карты. Каждая минута разбивается точками на шесть промежутков по 10".

Географические координаты точки  $C$  – широту  $B$  и долготу  $L$  – определяют, пользуясь минутными рамками листа карты (трапеции). Для этого проводят ближайшие к точке меридиан и параллель или опускают перпендикуляры на ближайшие к точке рамки листа карты.

#### П о р я д о к   о п р е д е л е н и я г е о г р а ф и ч е с к и х   к о о р д и н а т   т о ч к и:

- провести ближайшую к точке  $C$  южную вспомогательную параллель. Для этого соединить прямой линией одинаковые отсчеты минут на западной и восточной рамках листа карты;
- провести ближайший к точке  $C$  западный вспомогательный меридиан, для этого соединить линией одинаковые отсчеты минут северной и южной рамок;
- в раствор циркуля-измерителя взять расстояние от точки до ближайшей проведенной вспомогательной параллели. Приложить циркуль-измеритель к одной из широтных минут. Определить в секундах приращение по широте;
- широту точки  $C$  вычислить по формуле

$$B_C = B_{\text{всп}} \pm \Delta B;$$

- в раствор циркуля-измерителя взять расстояние от точки до ближайшего проведенного вспомогательного меридиана. Приложить циркуль-измеритель к одной из долготной минут. Определить в секундах приращение по долготе;
- долготу точки  $C$  вычислить по формуле

$$L_C = L_{\text{всп}} \pm \Delta L.$$

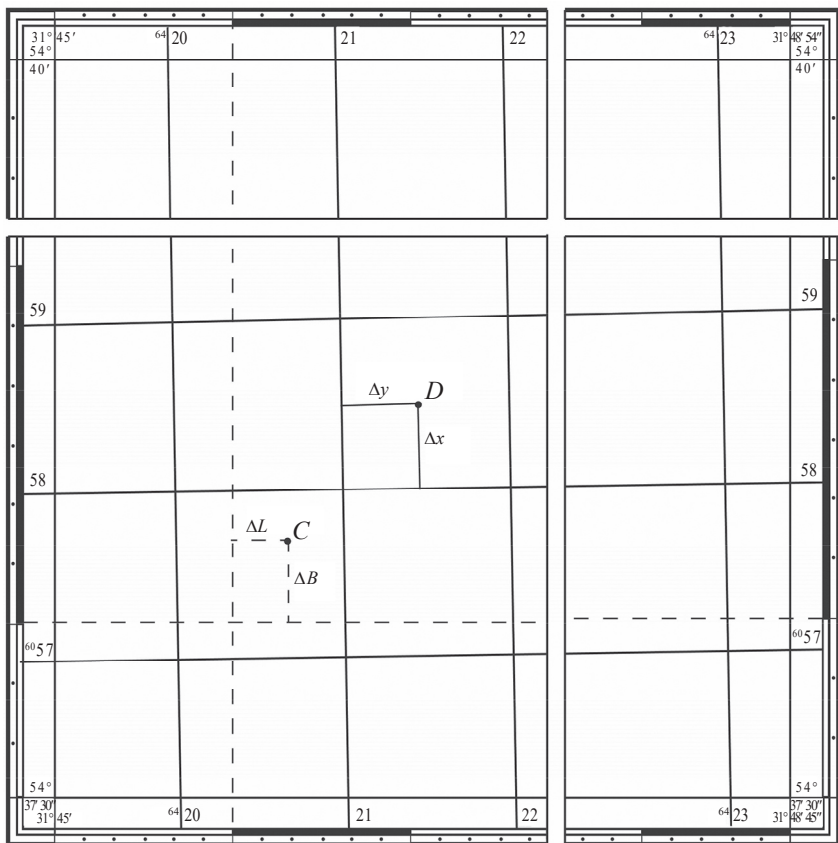


Рис. 3. Определение географических  
и прямоугольных координат точек

Знаки приращений координат зависят от положения на карте относительно точки  $C$  вспомогательных ближайших параллели и меридиана.

Например, географические координаты точки  $C$  (рис. 3) равны

$$B_C = 54^\circ 38' 00'' + 14'' = 54^\circ 38' 14'',$$

$$L_C = 31^\circ 46' 00'' + 19'' = 31^\circ 46' 19''.$$

**Задание 3.** Определить прямоугольные координаты точек.

Для определения прямоугольных координат точек при решении практических задач на топографические карты наносят сетку прямоугольных координат Гаусса.

Координатная (километровая) сетка представляет собой сеть квадратов, образованных прямыми линиями, проведенными через целое число километров, параллельными осям  $X$  и  $Y$  зональной системы координат. Число километров зависит от масштаба топографической карты.

Ближайшие к углам рамки линии координатной километровой сетки подписываются полным числом километров, а остальные – сокращенно, двумя последними цифрами, причем первые две (иногда три – для ординат) цифры набраны мелким шрифтом. Подписи горизонтальных линий соответствуют расстоянию от экватора, а подписи вертикальных линий – их преобразованным (приведенным) ординатам.

**П о р я д о к   о п р е д е л е н и я**

**п р я м о у г о л ь н ы х   к о о р д и н а т   т о ч к и:**

- по оцифровке километровой сетки определить значения координат  $(x_0, y_0)$  ближайшего угла квадрата, в котором расположена заданная точка  $D$  (рис. 3). В данном случае это юго-западный угол;
- с помощью циркуля-измерителя и поперечного масштаба измерить длины перпендикуляров, опущенных из точки на западную и южную стороны квадрата координатной сетки, полученные значения – это приращения координат  $\Delta x$  и  $\Delta y$ ;
- координаты точки вычислить по формулам

$$x_D = x_0 \pm \Delta x,$$

$$y_D = y_0 \pm \Delta y.$$

Например, для точки  $D$  (рис. 3) измеренные значения координат будут следующими:

$$x_D = 6\,058\,000 + 500 = 6\,058\,500 \text{ м},$$

$$y_D = 6\,421\,000 + 489 = 6\,421\,489 \text{ м}.$$

При записи полных прямоугольных координат необходимо помнить, что ордината точки – всегда условная величина, означающая удаление точки вправо или влево от осевого меридиана зоны. В геодезии принято считать ординатой осевого меридиана зоны значение 500 000,0 м. Поэтому для точки  $D$  в ее ординате  $y_B = 6\,421\,489$  м цифра 6 – номер зоны, а 421 489,0 м – условное удаление влево от осевого меридиана 6-й зоны. Действительное удаление точки  $D$  от осевого меридиана составит  $421\,489,0 - 500\,000,0 = -78\,511,0$  м.

**Задание 4.** Определить углы ориентирования линии, заданной на карте.

*Ориентировать линию* – значит определить угол ориентирования между направлением данной линии и направлением, принятым за исходное. За исходные направления в геодезии принимают северное направление истинного (географического) меридиана, северное направление магнитного меридиана, северное направление осевого меридиана зоны или линии, ему параллельной.

*Сближением меридианов  $\gamma$*  в данной точке называется угол между северным направлением истинного (географического) меридиана данной точки и осевым меридианом зоны или линии, ему параллельной. Угол  $\gamma$  отсчитывается от северного направления истинного (географического) меридиана. Восточное сближение меридианов считается положительным, а западное – отрицательным.

На топографической карте разворот координатной сетки относительно меридианов градусной сетки соответствует величине сближения меридианов  $\gamma$ .

*Склонением магнитной стрелки  $\delta$*  в данной точке называется угол, образованный пересечением истинного (географического) меридиана данной точки и магнитного меридиана. Отсчитывается от северного направления истинного (географического) меридиана. Восточное склонение считается положительным, а западное – отрицательным.

Диаграмма взаимного расположения меридианов (рис. 4) с указанием среднего для данного листа карты значения сближения меридианов и величины магнитного склонения помещена на каждом

листе топографической карты под ее южной рамкой.

Горизонтальный угол между исходным направлением и ориентируемой линией называется *углом ориентирования*.

Углы ориентирования различают в зависимости от принятого исходного направления.

Принятые в геодезии исходные направления, названия углов ориентирования и их обозначения приведены в табл. 2.

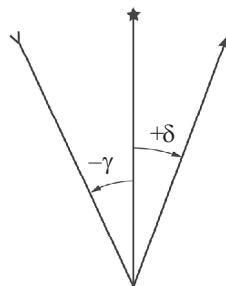


Рис. 4. Диаграмма взаимного расположения истинного, осевого и магнитного меридианов

Т а б л и ц а 2

**Исходные направления  
и соответствующие им углы ориентирования**

Название угла ориентирования	Обозначение	Исходное направление
Дирекционный угол	$\alpha$	Северное направление осевого меридиана зоны (ось $X$ ) или линии, ему параллельной
Истинный (географический) азимут	$A$	Северное направление истинного (географического) меридиана
Магнитный азимут	$A^M$	Северное направление магнитного меридиана
Румб	$r$	Ближайшее северное или южное направление осевого меридиана или линии, ему параллельной

Дирекционный угол и азимуты отсчитывают от северного направления соответствующего меридиана по направлению часовой стрелки до ориентируемой линии. Принимают значения от 0 до 360°.

Румб – это острый угол, отсчитываемый от ближайшего северного или южного направления. Изменяется от 0 до 90°. Перед числовым значением румба указывают название четверти: I четверть – СВ (северо-восток), II четверть – ЮВ (юго-восток), III четверть – ЮЗ (юго-запад), IV четверть – СЗ (северо-запад). Например:  $r = \text{СВ}: 42^\circ 15'$ .

Поскольку на топографическую карту нанесена координатная сетка, а образующие ее вертикальные линии параллельны осевому меридиану зоны, то для ориентирования линии по карте наиболее удобно измерить дирекционный угол (рис. 5).

Порядок измерения дирекционного угла:

- если ориентируемая линия не пересекает вертикальную линию координатной сетки, продолжить ее до пересечения с ближайшей вертикальной координатной линией;
- при измерении дирекционного угла, имеющего величину от 0 до 180°, нулевой радиус транспортира совместить с северным направлением вертикальной координатной линии;
- для углов больше 180° нулевой радиус транспортира совместить с южным направлением. К полученному отсчету прибавить 180°.

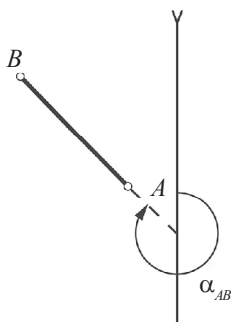


Рис. 5. Дирекционный угол

Вычисление

углов ориентирования:

- начертить диаграмму взаимного расположения меридианов. Указать на ней ориентируемое направление;
- истинный азимут вычислить по формуле

$$A = \alpha \pm \gamma,$$

где  $\alpha$  – измеренное значение дирекционного угла;  $\gamma$  – среднее значение угла сближения меридианов для данного

листа карты (восточное считается положительным, западное – отрицательным);



- магнитный азимут вычислить по формуле

$$A^M = A \pm \delta,$$

где  $\delta$  – склонение магнитного меридиана (восточное считается положительным, западное – отрицательным), указывается на диаграмме под южной рамкой карты;

- вычислить румб, принимая за исходное направление осевой меридиан. Использовать формулы связи между дирекционными углами и румбами.

**Пример.** Пусть дирекционный угол направления  $DC$   $\alpha = 327^\circ 45'$ , сближение меридианов  $\gamma = -2^\circ 21'$  (западное), склонение магнитной стрелки  $\delta = +6^\circ 15'$  (восточное). Найти значения истинного и магнитного азимутов направления  $DC$ .

Для решения задачи необходимо изобразить схему взаимного расположения меридианов. Указать известные и определяемые величины (рис. 6).

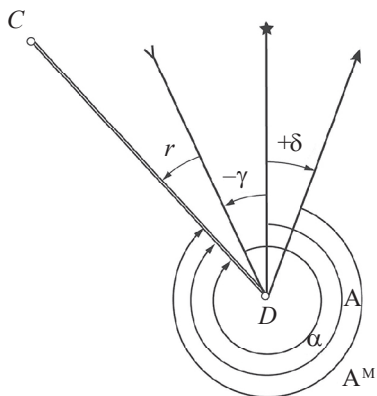


Рис. 6. Схема для вычисления углов ориентирования

Тогда истинный и магнитный азимуты вычисляют по формулам

$$A = \alpha - \gamma = 327^\circ 45' - 2^\circ 21' = 325^\circ 24';$$

$$A^M = A - \delta = 325^\circ 24' - 6^\circ 15'' = 319^\circ 09'.$$

Румб принимает значение

$$CЗ: r = 360^\circ 00' - 327^\circ 45' = 32^\circ 15'.$$

**Задание 5.** Определить высоту точек.

Рельеф на топографических картах изображают горизонталями. *Горизонталь* – линия, соединяющая точки земной поверхности с одинаковыми высотами.

Определение высоты точки по карте, в зависимости от ее положения относительно горизонталей, начинают с определения высоты сечения рельефа, которая указывается под южной рамкой. Для определения отметок горизонталей необходимо отыскать оцифровку ближайшей к точке, как правило утолщенной, горизонтали. Отсчитать от нее число основных горизонталей и определить их отметки.

Если точка расположена на горизонтали, тогда ее отметка равна отметке горизонтали.

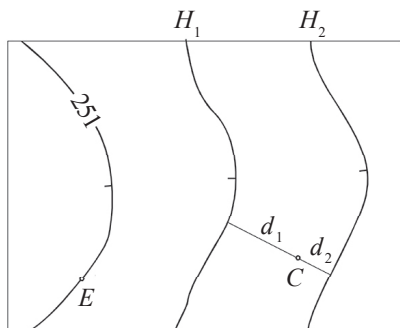


Рис. 7. Определение высоты точки

Например, на рис. 7 точка  $E$  лежит на горизонтали с отметкой  $H_{\Gamma} = 251$  м, тогда ее отметка  $H_E = 251$  м. Если точка расположена между горизонталями с отметками  $H_1$  и  $H_2$ , то ее отметку можно определить интерполированием. Для этого:

- через точку провести кратчайшую линию, соединяющую горизонтали (рис. 7);
- измерить с помощью поперечного масштаба расстояния  $d_1$  и  $d_2$  между точкой и ближайшими горизонталями;

- с учетом направления ската местности отметку  $H_C$  точки вычислить дважды по формулам

$$H_C = H_1 + \frac{(h_0 d_1)}{(d_2 + d_1)};$$

$$H_C = H_2 - \frac{(h_0 d_2)}{(d_1 + d_2)},$$

где  $h_0$  – высота сечения рельефа;

- за окончательное принять среднее арифметическое из вычисленных отметок.

**Задание 6.** Построить на топографической карте линию с заданным предельным уклоном.

Построение на топографической карте линии с заданным предельным уклоном является одним из самых распространенных приемов при камеральном трассировании линейных сооружений в горных условиях.

Расстояние между соседними горизонталями на плане называется *заложением*. Заложение  $a$  и угол наклона ската  $v$  являются характеристиками его крутизны. Чем меньше заложение и больше угол наклона, тем круче скат. Величиной, которая наилучшим образом отражает эту зависимость, является уклон  $i$ . Уклоном линии называется отношение превышения  $h$  к горизонтальному проложению  $d$ :

$$i = \frac{h}{d} = \operatorname{tg} v.$$

Также можно сказать, что уклон – это отношение высоты сечения рельефа  $h_0$  к заложению  $a$ . Провести на карте между точками  $A$  и  $B$  линию заданного предельного уклона – значит провести между данными точками кратчайшую линию так, чтобы ни один отрезок не имел уклон больше заданного предельного  $i_{\text{пред}}$ . Для этого необходимо определить по графику заложений величину заложения  $a_{\text{пред}}$ . График заложений помещен под южной рамкой карты. На горизонтальной оси отложены значения углов наклона в градусах ( $^\circ$ ) или значения уклонов в промилле ( $\text{‰}$ ), а на перпендикуля-

рах – соответствующие им значения заложений в масштабе карты. Концы перпендикуляров соединены плавной кривой.

**О п р е д е л е н и е в е л и ч и н ы з а л о ж е н и я:**

- из точки горизонтальной оси, соответствующей значению заданного уклона, восстановить перпендикуляр до его пересечения с кривой линией графика (рис. 8). Длина полученного отрезка соответствует величине заложения. Его численное значение можно получить по поперечному масштабу;

- если на топографической карте не приведен график заложения, тогда заложение  $a_{\text{пред}}$  можно вычислить по формуле

$$a_{\text{пред}} = \frac{h_0}{i_{\text{пред}} \cdot M},$$

где  $M$  – знаменатель численного масштаба карты.

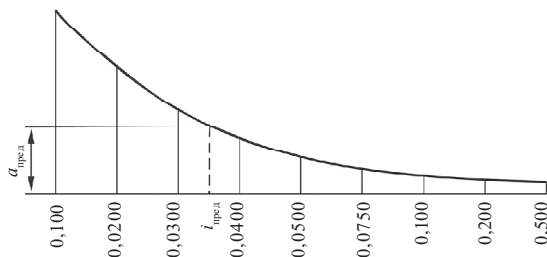


Рис. 8. Определение величины заложения

**П о р я д о к п р о в е д е н и я п о к а р т е л и н и и с з а д а н н ы м п р е д е л ь н ы м у к л о н о м:**

- соединить на карте точки  $A$  и  $B$  прямой линией;
- взять в раствор циркуля отрезок, соответствующий заложению  $a_{\text{пред}}$ ;
- из точки  $A$  в направлении к точке  $B$  раствором циркуля засечь на соседней горизонтали точку  $1$ , затем из точки  $1$  тем же раствором циркуля засечь точку  $2$  на следующей горизонтали и т. д.;
- если раствор циркуля меньше расстояния между горизонталями, то линию провести по кратчайшему расстоянию;
- соединить все точки на горизонталях.

Ломаная линия (рис. 9), построенная вдоль направления  $AB$ , есть линия с уклоном, не превышающим заданного.

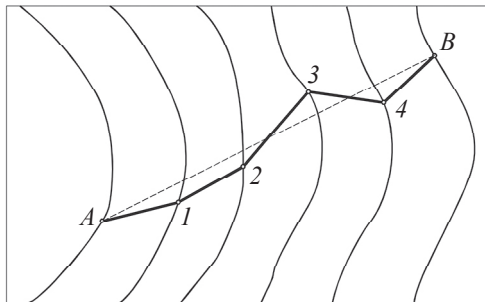


Рис. 9. Линия с уклоном, не превышающим заданного

**Задание 7.** Построить профиль местности по заданному направлению.

*Профилем* называется уменьшенное изображение вертикального разреза земной поверхности вдоль выбранного направления. Профиль местности строят в масштабе карты.

**П о р я д о к   п о с т р о е н и я:**

- соединить на карте точки  $A$  и  $B$  прямой линией. Пронумеровать точки пересечения линии с горизонталями, а также характерные точки (точки пересечения линии с водосливом и водоразделом);
- перенести в нижнюю часть листа миллиметровой бумаги линию  $AB$  в масштабе карты и отложить на ней пронумерованные точки. Линия  $AB$  служит основанием профиля;
- от линии  $AB$  начертить профильную сетку, состоящую из двух горизонтальных граф (рис. 10);
- вертикальный масштаб взять в 10 раз крупнее горизонтального. Например, если горизонтальный масштаб  $1 : 2000$ , тогда вертикальный масштаб должен быть соответственно  $1 : 200$ ;
- верхнюю линию профильной сетки (линию  $AB$ ) принять за условный горизонт. Отметку условного горизонта выбрать так, чтобы нижняя точка местности на профиле отстояла от линии условного горизонта на расстоянии больше 1 см;

- от линии условного горизонта в каждой точке построить перпендикуляры. На перпендикулярах отложить в выбранном масштабе разности отметок  $\Delta H_{\text{т.ч.к}}$  между отметками точек  $H_{\text{т.ч.к}}$  и отметкой условного горизонта  $H_{\Gamma}$ , т. е.

$$\Delta H_{\text{т.ч.к}} = H_{\text{т.ч.к}} - H_{\Gamma};$$

- концы перпендикуляров соединить плавной кривой, которая будет изображать профиль местности;

- в графу профильной сетки «Отметки» вписать значения отметок точек пересечения профильной линии с горизонталями, а также характерных точек местности. В графу «Расстояния» вписать значения горизонтальных проложений отрезков на местности:

$$S = s \cdot M,$$

где  $s$  – длина отрезка на плане;  $M$  – знаменатель численного масштаба.

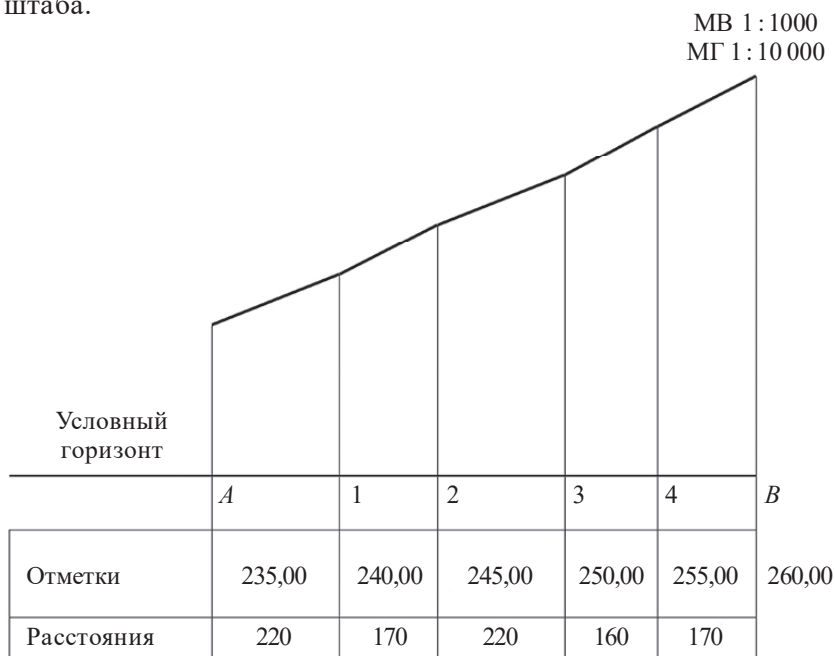


Рис. 10. Построение профиля местности

## Оформление отчета

Отчет предоставляется на листах писчей бумаги (или используется шаблон), на копии с топографической карты и на листе миллиметровой бумаги.

Порядок составления отчета:

1. Записать результат измерения по карте расстояния между двумя точками. Изобразить поперечный масштаб и указать на нем измеренное по карте расстояние.

2. Записать вычисление географических координат для двух точек – концов выбранного отрезка. На копии привести схему измерения приращений координат.

3. Записать вычисление прямоугольных координат для двух точек. На копии привести схему измерения приращений координат.

4. Для выбранного направления отрезка прямой линии привести расчет численных значений углов ориентирования – дирекционного угла, азимутов, румбов. На копии привести схему измерения дирекционного угла.

5. Решить обратную геодезическую задачу, используя в качестве исходных данных измеренные координаты точек. Сравнить результаты вычислений с измеренными ранее длиной отрезка и дирекционным углом. Проанализировать возникшие отклонения.

6. Привести расчет отметок выбранных на карте точек.

7. На копии с топографической карты провести линию между точками с заданным предельным уклоном.

8. Построить на листе миллиметровой бумаги продольный профиль в выбранном направлении.

## 2. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ

Эволюция геодезического оборудования привела к тому, что за кажущейся простотой современных геодезических измерений теряется необходимость в знании их элементарных основ. Поверхностное отношение к процессу геодезических измерений влечет за собой возникновение ошибок, которые чреваты дополнительными материальными и временными затратами. Таких ошибок можно избежать, если знать устройство основных геодезических приборов, последовательность и приемы работы.

### Лабораторная работа 2

#### Устройство нивелира Н-3. Нивелирные рейки РН-3

При выполнении задания студенты приобретают умение снимать отсчеты по нивелирной рейке и определять превышение между точками, используя знание устройства нивелира.

Для выполнения задания необходимо наличие нивелира Н-3, штатива, рейки РН-3. Работа предоставляется на листах писчей бумаги или с использованием шаблона отчета.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с основными частями нивелира. Уяснить назначение винтов и последовательность работы с ними.
2. Научиться производить отсчеты по нивелирной рейке.
3. Научиться определять превышение между двумя точками.
4. Составить отчет о выполнении работы.

#### Устройство нивелира и порядок работы с ним

*Нивелир* – это геодезический прибор, при помощи которого горизонтальным лучом визирования определяют превышение между точками.



Нивелир Н-3 предназначен для геометрического нивелирования III класса со средней квадратической ошибкой  $\pm 3$  мм на 1 км хода. Горизонтальность луча визирования обеспечивается цилиндрическим уровнем.

Основными частями нивелира Н-3 (рис. 11) являются зрительная труба с цилиндрическим уровнем, наводящим, элевационным, закрепительным винтами и подставка с тремя подъемными винтами и прижимной пластиной.

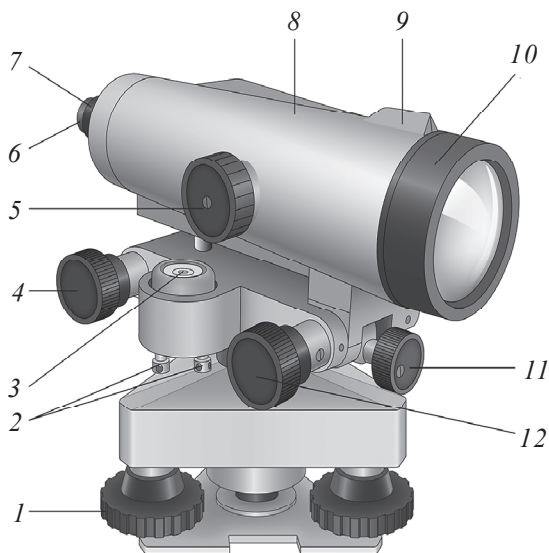


Рис. 11. Нивелир Н-3:

1 – подъемные винты; 2 – исправительные винты круглого уровня; 3 – круглый уровень; 4 – элевационный винт; 5 – кремальера; 6 – окуляр; 7 – диоптрийное кольцо; 8 – корпус зрительной трубы; 9 – мушка; 10 – объектив; 11 – закрепительный винт; 12 – наводящий винт

Зрительная труба нивелира Н-3 состоит из металлического корпуса, внутри которого расположено фокусирующее устройство. В корпус трубы с одной стороны ввернут объектив, с другой стороны установлены окуляр и сетка нитей. Корпус трубы с левой стороны имеет прилив, в котором расположены цилиндрический уровень и призматическое устройство, передающее изображение концов пузырь-

ка в поле зрения трубы. Это позволяет одновременно видеть в поле зрения трубы рейку и следить за положением цилиндрического уровня. Если изображения концов пузырька уровня совмещены, то линия визирования горизонтальная.

Место установки прибора называют станцией. При подготовке прибора к работе необходимо нивелир установить на штатив и закрепить станковым винтом, при этом завинчивать становой винт штатива следует умеренно, чтобы не затруднять ход подъемных винтов. Верхнюю площадку штатива перед установкой нивелира привести в горизонтальное положение.

### П о с л е д о в а т е л ь н о с т ь   р а б о т ы с   н и в е л и р о м :

- вертикальную ось вращения нивелира привести в отвесное положение: освободить закрепительный винт и повернуть верхнюю часть нивелира так, чтобы исправительные винты круглого уровня заняли положение, соответствующее положению подъемных винтов. Вращением двух подъемных винтов вывести пузырек круглого уровня в нуль-пункт. Зрительную трубу повернуть на  $90^\circ$ . Если пузырек уровня сместится, то, вращая третий винт, вывести пузырек уровня в нуль-пункт. Для контроля правильности установки вертикальной оси вращения нивелира действия повторить;

- установить резкость изображения сетки нитей: трубу навести на светлый фон и добиться четкого изображения вращением диоптрийного кольца окуляра;

- навести зрительную трубу на рейку с помощью мушки;
- затянуть закрепительный винт трубы;
- установить резкость изображения рейки вращением кремальеры;
- выполнить точное наведение зрительной трубы на рейку с помощью наводящего винта;

- совместить изображение концов пузырька цилиндрического уровня элевационным винтом и одновременно произвести отсчет по черной или красной стороне рейки.

## Нивелирные рейки и производство отсчетов

Рейки нивелирные РН-3 (рис. 12, а) изготавливают цельными и складными. Надежное крепление частей складной рейки обеспечивает замок. К нижнему концу рейки (пятке) прибивается металлическая пластина толщиной 2 мм. Рейки имеют на обеих сторонах градуировку, выполненную в виде сантиметровых шашек.

По всей длине рейки каждый дециметр оцифрован. Если дециметры подписаны перевернутыми цифрами, рейки используют в комплекте с приборами обратного изображения, в поле зрения трубы цифры будут в прямом изображении (рис. 12, б).

На основной стороне рейки на белом фоне нанесены шашки черного цвета (черная сторона), а на другой (контрольной) – красные на белом фоне (красная сторона). На каждой стороне рейки три цветные шашки каждого дециметрового интервала соединяются вертикальной полосой, что соответствует участку в 5 см, это начало каждого дециметра. Отсчеты по рейке записывают в миллиметрах.

Для контроля взятия отсчетов по двум сторонам рейки начало первого дециметрового интервала красной стороны смещено по отношению к началу первого дециметрового интервала черной стороны. На черной стороне нуль совпадает с пяткой рейки. На красной стороне рейки с пяткой совпадает другой отсчет, например, 4787. Разность отсчетов основания рейки по красной и черной сторонам  $4787 - 0 = 4787$  называется *пяточной разностью*. Таким образом, при производстве отсчетов по черной и красной сторонам одной и той же рейки разность отсчетов должна быть постоянной, что и служит контролем измерений на станции. Для данного прибора она должна быть равна 4787.

*Произвести отсчет по рейке* – значит определить высоту линии визирования над пяткой (основанием) рейки. Отсчет формируется от меньшей цифры к большей. Если зрительная труба нивелира обратного изображения, то брать отсчеты по рейке необходимо сверху (от нуля) вниз. Если зрительная труба прямого изображения, то отсчеты брать снизу вверх.

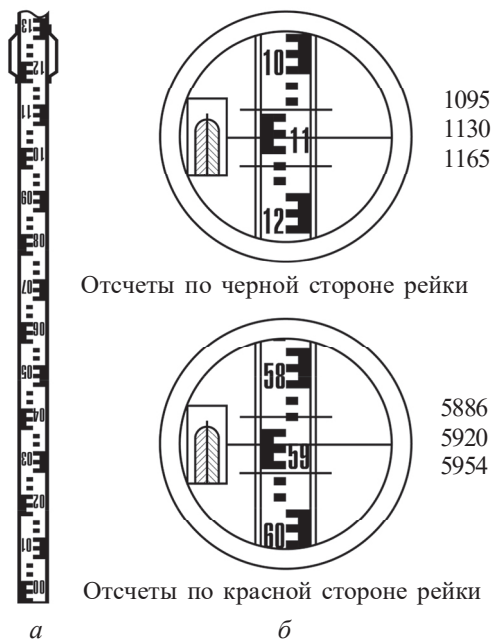


Рис. 12. Рейка РН-3:

*a* – общий вид рейки; *б* – рейка в поле зрения трубы нивелира

**П о р я д о к   п р о и з в о д с т в а   о т с ч е т о в :**

- нивелир установить на штатив и привести вертикальную ось в отвесное положение;
- выбрать точку на местности и установить на нее вертикально нивелирную рейку;
- навести зрительную трубу нивелира на рейку. Элевационным винтом, совмещая изображение концов пузырька цилиндрического уровня, привести линию визирования в горизонтальное положение и только после этого взять отсчет  $a^ч$  по черной стороне рейки. При взятии отсчета дециметры считываются с рейки, сантиметры считаются, миллиметры берутся на глаз. Например, на рис. 12, *б* отсчет по средней нити

$$a^ч = 1130 \text{ мм},$$

так как от нуля рейки до средней нити 11 дм плюс три деления по 1 см;

- на этой же точке и в той же последовательности взять отсчет  $a^K$  по красной стороне рейки.

На рис. 12, б отсчет по средней нити

$$a^K = 5920 \text{ мм.}$$

Для контроля измерений вычислить разность отсчетов по красной и черной сторонам рейки:

$$P_0 = a^K - a^Ч = 5920 - 1130 = 4790 \text{ мм.}$$

Отсчеты взяты правильно, если выполняется условие

$$|P_0 - 4787| < 5 \text{ мм,}$$

где 4787 – пяточная разность.

Если условие не выполняется, то измерения необходимо повторить.

По дальномерным (нижней и верхней) нитям цифры считывать в той же последовательности, что и по средней нити сетки.

При выполнении лабораторной работы отсчеты по нивелирной рейке производить по трем нитям сетки.

## Определение превышения

*Превышением* называется разница высот двух точек. Рассмотрим точки  $B$  и  $A$  (рис. 13). Наиболее распространенный способ определения превышения между точками – геометрическое нивелирование из середины. При этом штатив с прибором располагают на одинаковом расстоянии от нивелируемых точек. Рейки устанавливают на точки вертикально. Линию визирования нивелира приводят в горизонтальное положение и по средней нити сетки производят отсчеты по рейкам  $a$  и  $b$ .

Превышение  $h$  определяют как разность между отсчетами:

$$h = a - b.$$

При выполнении нивелирования в направлении от точки  $A$  к точке  $B$  рейку, установленную в точке  $A$ , считают задней, в точке  $B$  – передней. В зависимости от расположения точек относительно друг друга по высоте превышение может принимать «положительное» или «отрицательное» значение.

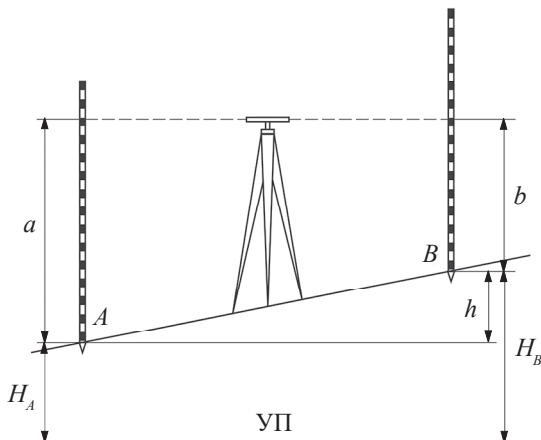


Рис. 13. Схема геометрического нивелирования из середины

П о р я д о к   и з м е р е н и я   п р е в ы ш е н и я: для выполнения лабораторной работы выбрать точки  $A$  и  $B$  на ступенях лестничного марша. Если измерения будут выполнены правильно, то разность отсчетов (превышение) будет равна высоте ступеней.

Ниже приведен порядок измерений, при котором в комплект с нивелиром входит только одна рейка:

- нивелир установить на одинаковом расстоянии между точками  $A$  и  $B$ . Привести вертикальную ось прибора в отвесное положение;
- рейку установить на точку  $A$ ;
- навести зрительную трубу нивелира на заднюю рейку и, совмещая изображение концов пузырька цилиндрического уровня, взять отсчеты по черной  $a^ч$  и красной  $a^к$  сторонам рейки. Проконтролировать правильность отсчетов;
- рейку установить в точку  $B$ ;
- навести зрительную трубу нивелира на переднюю рейку и в той же последовательности взять отсчеты  $b^ч$  и  $b^к$ .

П о р я д о к   в ы ч и с л е н и я   п р е в ы ш е н и я:

- вычислить превышение по черной стороне рейки:

$$h^ч = a^ч - b^ч;$$

- вычислить превышение по красной стороне рейки:

$$h^K = a^K - b^K;$$

- измерения выполнены правильно, если выполняется условие

$$|h^Ч - h^K| \leq 5 \text{ мм.}$$

Если условие не выполняется, то измерения необходимо повторить. Если условие выполняется, то за превышение между точками  $A$  и  $B$  принять среднее превышение  $h^{cp}$ ;

- вычислить значение среднего превышения по формуле

$$h^{cp} = (h^Ч + h^K)/2.$$

## Оформление отчета

Отчет составляется на листах бумаги или заполняется шаблон.

1. Начертить схему нивелира и указать его основные части. Заполнить таблицу:

Номер позиции	Наименование винтов нивелира	Назначение винтов нивелира

2. Сделать для одной точки два рисунка: первый – в поле зрения трубы черная сторона рейки с указанием цифр отсчетов по трем линиям сетки, второй – то же по красной стороне.

3. Вычислить превышение между двумя точками. Начертить схему взаимного расположения нивелира и реек с указанием значений  $a$ ,  $b$ ,  $h$  (рис. 13).

## Лабораторная работа 3

### Поверка и юстировка нивелира Н-3

В ходе лабораторной работы студенты приобретают умение выполнять поверки нивелира Н-3 и знакомятся с порядком выполнения его юстировки.

Для выполнения задания необходимо наличие нивелира Н-3, штатива, рейки РН-3. Работа оформляется на листах писчей бумаги или используется шаблон отчета.

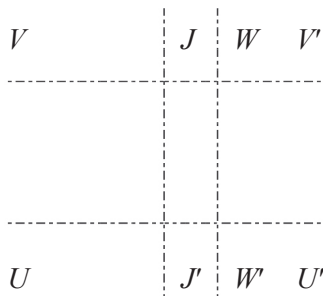
Порядок выполнения работы:

1. Поверки нивелира Н-3.
2. Составление отчета о выполнении лабораторной работы.

### Поверки нивелира Н-3

До начала работы с нивелиром должны быть выполнены его поверка и юстировка. Поверка прибора выполняется с целью контроля правильности взаимного расположения осей (частей) нивелира.

Основные оси нивелира:



$JJ'$  – вертикальная ось вращения нивелира

$VV'$  – визирная ось зрительной трубы

$UU'$  – ось цилиндрического уровня

$WW'$  – ось круглого уровня

Если обнаруживается несоответствие осей и частей нивелира, должна быть выполнена его юстировка. При выполнении данной лабораторной работы юстировка студентами не выполняется из-за высоких квалификационных требований к ее исполнителю.

Основные операции поверки нивелира Н-3:

1. Проверка установочного (круглого) уровня.
2. Проверка правильности установки сетки нитей зрительной трубы.



3. Проверка правильности установки цилиндрического уровня.  
Перед началом поверки нивелир установить на штатив.

Пр о в е д е н и е о п е р а ц и й  
п о в е р к и и ю с т и р о в к и:

1. Геометрическое условие: *ось круглого уровня должна быть параллельна вертикальной оси вращения нивелира.*

Последовательность действий:

- установить круглый уровень так, чтобы его исправительные винты заняли положение, соответствующее положению подъемных винтов;

- пузырек круглого уровня привести в нуль-пункт с помощью подъемных винтов;

- повернуть верхнюю часть нивелира вокруг вертикальной оси на  $180^\circ$  и оценить положение пузырька.

Условие выполнено, если пузырек уровня остался в нуль-пункте, если он отклонился – необходима юстировка.

Юстировка:

- переместить пузырек уровня на половину отклонения с помощью исправительных винтов уровня, а на другую половину – с помощью подъемных винтов;

- для контроля поверку повторить.

2. Геометрическое условие: *вертикальная нить сетки должна совпадать с отвесной линией, а горизонтальная нить должна быть перпендикулярной к вертикальной оси нивелира.*

Первый способ:

- привести вертикальную ось в отвесное положение по круглому уровню;

- на удалении 10–15 м от нивелира подвесить отвес и навести на него вертикальную нить сетки.

Условие выполнено, если один конец вертикальной нити сетки отклонился от нити отвеса не более чем на 0,5 мм (определить при помощи линейки). Если отклонение больше – необходима юстировка.

Второй способ:

- привести вертикальную ось в отвесное положение по круглому уровню;

- навести зрительную трубу одним концом горизонтальной нити сетки на четко видимую цель, находящуюся на удалении около 10 м от нивелира;

- медленно переместить зрительную трубу в горизонтальной плоскости с помощью наводящего винта и проследить, не отклоняется ли горизонтальная нить от выбранной цели.

Условие выполнено, если отклонение горизонтальной нити сетки от выбранной цели составляет не более 2 мм. Если отклонение больше – необходима юстировка.

Юстировка:

- отсоединить окулярную часть от корпуса трубы, тем самым освободить доступ к оправе сетки нитей;

- ослабив винты, крепящие оправу, повернуть ее в нужную сторону;

- закрепить винты и установить на место окулярную часть;

- для контроля поверку повторить.

3. Геометрическое условие: *визирная ось зрительной трубы должна быть параллельна оси цилиндрического уровня (главное геометрическое условие нивелира).*

Поверка производится способом нивелирования «из середины» в сочетании с нивелированием «вперед» (рис. 14).

Ниже приведена последовательность действий, при которой в комплект с нивелиром входит только одна рейка и ограничены расстояния.

Последовательность действий:

- выбрать на местности точки  $A$  и  $B$  так, чтобы расстояние между ними было не менее 20 м, отметить середину ( $d_a = d_b$ );

- нивелир установить посередине между точками  $A$  и  $B$ , его вертикальную ось привести в отвесное положение;

- рейку последовательно установить на точки  $A$  и  $B$ ;

- навести зрительную трубу нивелира на рейку, последовательно устанавливаемую в точках  $A$  и  $B$ ; совмещая изображение концов пузырька цилиндрического уровня, последовательно взять отсчеты  $a_1$  и  $b_1$ ; проконтролировать правильность отсчетов;

- вычислить превышение на первой станции, т. е. при нивелировании «из середины»:

$$h_1 = a_1 - b_1;$$

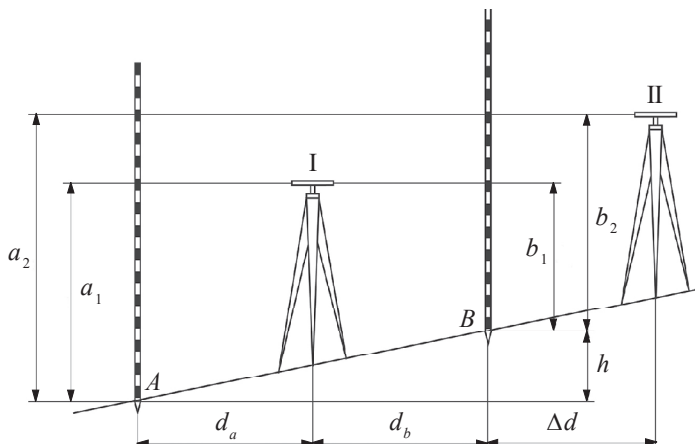


Рис. 14. Расположение нивелира при определении превышения способом нивелирования «из середины» в сочетании с нивелированием «вперед»

- нивелир перенести на вторую станцию, удаленную от точки  $B$  на  $1,5\text{--}2\text{ м}$  ( $\Delta d$ ), и привести его вертикальную ось в отвесное положение;
- рейку последовательно установить на те же точки  $A$  и  $B$ , в той же последовательности, что на станции I, взять отсчеты  $a_2$  и  $b_2$ ;
- вычислить превышение на второй станции, т. е. при нивелировании «вперед»:

$$h_{\text{II}} = a_2 - b_2.$$

Условие выполнено, если  $|h_1 - h_{\text{II}}| \leq 10$  мм; если разность больше – необходима юстировка.

Юстировка:

- вычислить исправленное значение отсчета по рейке, установленной на точке  $A$ :

$$a_2^{\text{испр}} = h_1 + b_2,$$

где  $h_1$  – превышение при нивелировании из середины. На его значение не оказывает влияния непараллельность осей  $VV'$  и  $UU'$ , так как  $d_a = d_b$ , следовательно, превышение при нивелировании из середины является правильным;

$b_2$  – отсчет по рейке, установленной на точке  $B$  при нивелировании вперед. Расстояние от нивелира до  $\Delta d$  рейки мало, следовательно, этот отсчет можно принять за правильный;

- вращая элевационный винт, добиться, чтобы отсчет по рейке, установленной на точке  $A$ , равнялся вычисленному отсчету  $a_2^{\text{испр}}$ . При этом изображение концов пузырька уровня в поле зрения трубы сместится;

- снять крышку, закрывающую доступ к исправительным винтам цилиндрического уровня;

- ослабив боковые исправительные винты, совместить изображение концов пузырька уровня с помощью вертикальных исправительных винтов цилиндрического уровня;

- для контроля поверку повторить.

## Оформление отчета

Отчет составляется на листах бумаги или заполняется шаблон. Заполнить таблицу:

- записать формулировки геометрических условий нивелира;
- описать последовательность действий при проведении операций поверки;

- записать результаты наблюдений, на основании которых сделать выводы о необходимости юстировки. Для третьей поверки выполнить обработку результатов измерений, начертить схему нивелирования с указанием значений  $a$ ,  $b$ ,  $h$  (рис. 14);

- описать операции юстировки и выполнить необходимые вычисления:

Геометрическое условие	Проведение операций поверки	Результаты наблюдений и вывод о необходимости выполнения юстировки	Проведение операций юстировки

## Лабораторная работа 4

### Геометрическое нивелирование

Выполняя задание, студенты приобретают умение выполнять геометрическое нивелирование технической точности, заполнять и обрабатывать журнал технического нивелирования.

Для достижения результата необходимы нивелир, штатив, нивелирная рейка, журнал технического нивелирования, калькулятор.

Порядок выполнения работы:

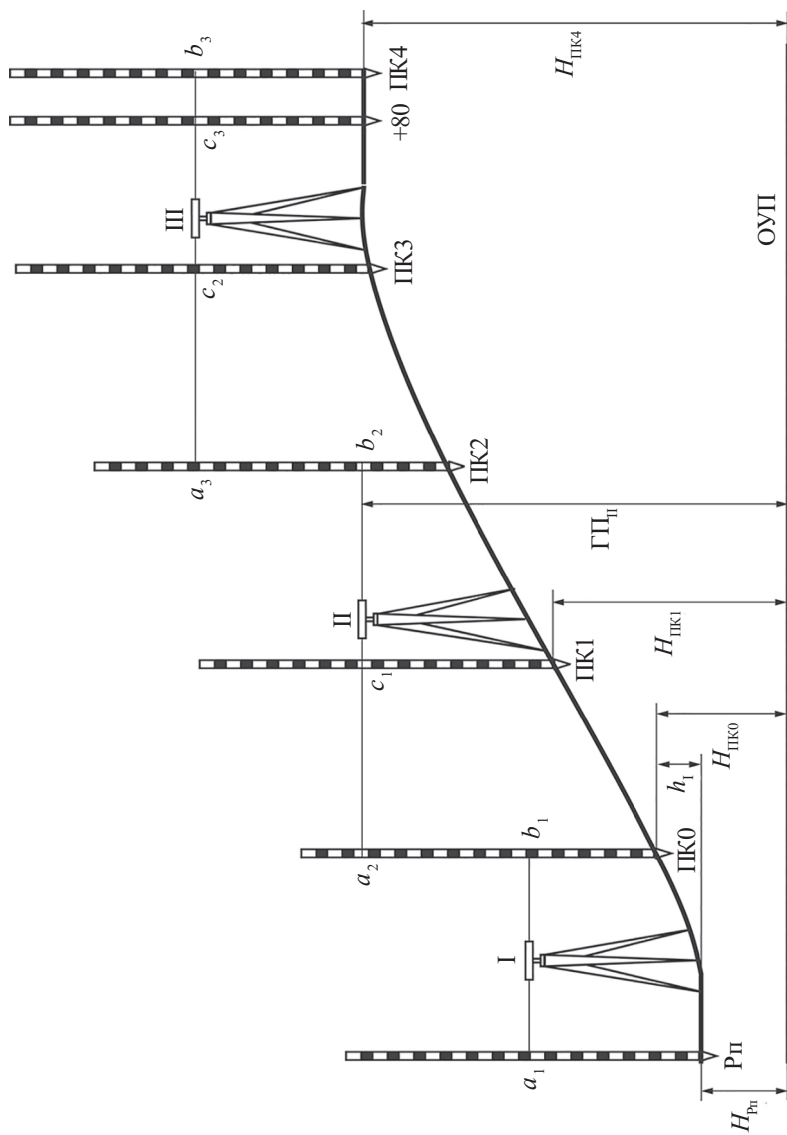
1. Нивелирование условной трассы.
2. Обработка результатов измерений.
3. Составление отчета.

#### Нивелирование условной трассы

Цель нивелирования – определение превышений, а также высот точек на поверхности Земли. Расстояние по отвесной линии от основной уровенной поверхности до точки на поверхности Земли называется *абсолютной высотой*. Численное значение высоты называют *отметкой точки*. Для определения высот точек при изыскании трасс линейных сооружений в основном применяется техническое нивелирование с использованием нивелиров Н-3, Н-10, нивелирных реек РН-3, РН-10 и их модификаций.

По трассе прокладывается нивелирный ход (рис. 15). Расстояние от нивелира до реек (плечо) при техническом нивелировании допускается до 120 м, неравенство плеч на станции не должно превышать 10 м. *Репер* (Рп) – исходная точка, высота которой известна. Точки ПК0 и ПК2, через которые происходит последовательная передача высот, являются *связующими точками*. Их отметки вычисляются через превышения. Точки ПК1, ПК3, ПК3+80 – *промежуточные точки*, их отметки вычисляют через горизонт прибора ГП. *Горизонт прибора* – это отметка визирной оси зрительной трубы. На станции точка считается *задней*, если ее отметка известна или может быть вычислена, *передняя* точка – это точка определяемая.

Нивелирный ход может выполняться разомкнутым или замкнутым, реке – висячим.



Производство нивелирования. На лабораторном занятии необходимо проложить замкнутый нивелирный ход. По заданию преподавателя направление условной трассы выбирается по лестничному маршруту: исходная точка Рп с условной отметкой – на одном этаже, конечная точка трассы, например ПК4, – на другом этаже. В прямом направлении нивелируются все точки условной трассы – связующие и промежуточные. В обратном направлении нивелирный ход прокладывают только по связующим точкам. Если измерения будут выполнены правильно, то разность отметок между исходной и конечной точками будет равна высоте этажа. Результаты измерений записать в журнал нивелирования (см. с. 38).

Ниже приведен примерный порядок измерений, при котором в комплект с нивелиром входит только одна рейка.

Для станции I:

- рейка на точке Рп задняя;
- рейка на точке ПК0 передняя;
- нивелир установить на станции I и привести его вертикальную ось в отвесное положение;
- рейку установить на точку Рп;
- навести зрительную трубу на заднюю рейку и, совмещая изображения концов пузырька цилиндрического уровня, взять отсчеты по черной  $a_1^Ч$  и красной  $a_1^K$  сторонам рейки, например,  $a_1^Ч = 1624$ ,  $a_1^K = 6413$ ; проконтролировать правильность отсчетов;
- рейку установить на связующую точку ПК0;
- навести зрительную трубу на переднюю рейку и, совмещая изображения концов пузырька цилиндрического уровня, взять отсчеты по черной  $b_1^Ч$  и красной  $b_1^K$  сторонам рейки, например,  $b_1^Ч = 0352$ ,  $b_1^K = 5143$ ; проконтролировать правильность отсчетов.

Работа на станции I закончена.

Для станции II:

- рейка на точке ПК0 задняя;
- рейка на точке ПК1 промежуточная;
- рейка на точке ПК2 передняя;

# Журнал технического нивелирования

Номер станции	Номер точек	Отсчет по рейке, мм			Превышение, мм		Горизонт прибора, м	Отметка, м	Номер точек
		задний, а	передний, b	промежуточный, с	наблю-даемое, h	среднее h <sub>ср</sub>			
I	Рп	1624						180,000	Рп
		6413							
	ПК0		0352		1272	1271		181,271	ПК0
			5143		1270				
II	ПК0	1262					182,533	181,271	ПК0
		6049							
	ПК1			0821				181,712	ПК1
	ПК2		0240		1022	1022		182,293	ПК2
III			5027		1022				
	ПК2	1937					184,230	182,293	ПК2
		6728							
	ПК3			1426				182,804	ПК3
	ПК3+80			0955				183,275	ПК3+80
	ПК4		0339		1598	1600		183,893	ПК4
			5126		1602				

$$H_{\text{к}} - H_{\text{п}} = 3893$$

3893

7786

$$\begin{aligned} \Sigma & 24013 \quad 16227 \\ & 24013 - 16227 = 7786 \\ & 7786 : 2 = 3893 \end{aligned}$$



- рейку оставить на связующей точке ПК0;
- нивелир установить на станции II и привести его вертикальную ось в отвесное положение;
- навести зрительную трубу на заднюю рейку и в той же последовательности, что на станции I, взять отсчеты по черной  $a_2^ч$  и красной  $a_2^к$  сторонам рейки;
- рейку установить на промежуточную точку ПК1;
- навести зрительную трубу на рейку и, совместив изображения концов пузырька цилиндрического уровня, взять отсчет по черной стороне  $c_2$ , например,  $c_2 = 0821$ ;
- рейку установить на связующую точку ПК2;
- навести зрительную трубу на переднюю рейку и в той же последовательности, что на станции I, взять отсчеты по черной  $b_2^ч$  и красной  $b_2^к$  сторонам рейки.

Работа на станции II закончена.

Для станции III:

- рейка на точке ПК2 задняя;
- рейка на точках ПК3, ПК3 + 80 промежуточная;
- рейка на точке ПК4 передняя.

Работу на станции III выполнить в той же последовательности, что и на станции II (отличие – промежуточных точек две).

Для замыкания нивелирного хода необходимо сделать еще хотя бы одну станцию (IV) в обратном направлении.

Для станции IV:

- рейка на точке ПК4 задняя;
- рейка на точке Рп передняя.

## Обработка результатов измерений

Порядок обработки:

- вычислить на каждой станции значения превышений по черной и красной сторонам реек. Например, для станции I

$$h_1^ч = a_1^ч - b_1^ч = 1624 - 0352 = 1272 \text{ мм};$$

$$h_1^к = a_1^к - b_1^к = 6413 - 5143 = 1270 \text{ мм};$$

- вычислить на каждой станции значения средних превышений. Например, для станции I

$$h_1^{\text{cp}} = (h_1^{\text{ч}} + h_1^{\text{к}}) / 2 = (1272 + 1270) / 2 = 1271 \text{ мм};$$

- выполнить постраничный контроль:

$$(\sum a - \sum b) / 2 = \sum h / 2 = \sum h^{\text{cp}};$$

$$(24\,013 - 16\,227) / 2 = 7786 / 2 = 3893.$$

Если контроль не выполняется, то измерения необходимо повторить;

- вычислить высотную невязку для замкнутого нивелирного хода:

$$f_h = \sum_{i=1}^n h_i;$$

- вычислить допустимую высотную невязку  $f_h^{\text{доп}}$ , м:

$$f_h^{\text{доп}} = \pm 10\sqrt{n},$$

где  $n$  – число станций хода;

- если выполняется условие  $|f_h| \leq f_h^{\text{доп}}$ , то поправку в превышения вычисляют по формуле

$$v_h = -f_h / n.$$

В журнале нивелирования записать вычисленное в миллиметрах значение поправки над значениями средних превышений.

Если условие  $|f_h| \leq f_h^{\text{доп}}$  не выполняется, то измерения необходимо повторить;

- ввести поправку в результаты измерений:

$$h_i^{\text{испр}} = h_i + v_h,$$

где  $h_i^{\text{испр}}$  – исправленные значения превышений;

- вычисления выполнены правильно, если выполняются равенства

$$\sum v_h = -f_h,$$

$$\sum h_i^{\text{испр}} = 0;$$

- вычислить отметки связующих точек нивелирного хода:

$$H_{i+1} = H_i + h_i^{\text{испр}}.$$

Например, для точки ПК0 при  $H_{\text{рп}} = 180,000$  м и равенстве  $h_i^{\text{испр}} = h_1^{\text{сп}}$

$$H_{\text{ПК0}} = H_{\text{рп}} + h_1^{\text{сп}},$$

$$H_{\text{ПК0}} = 180,000 + 1,271 = 181,271 \text{ м.}$$

Вычисления выполнены правильно, если значения отметок начальной и конечной точек нивелирного хода совпадают;

- вычислить на каждой станции, где есть промежуточные точки, горизонт прибора. Например, для станции II

$$\text{ГП}_{\text{II}} = H_{\text{ПК0}} + a_2^{\text{ч}},$$

где  $a_2^{\text{ч}}$  – отсчет по черной стороне задней рейки, установленной на точке ПК0.

$$\text{ГП}_{\text{II}} = 181,271 + 1,262 = 182,533 \text{ м};$$

- вычислить отметки промежуточных точек. Например, для точки ПК1

$$H_{\text{ПК1}} = \text{ГП}_{\text{II}} - c_2,$$

где  $c_2$  – отсчет по черной стороне промежуточной рейки, установленной на точке ПК1.

$$H_{\text{ПК1}} = 182,533 - 0,821 = 181,712 \text{ м.}$$

## Оформление отчета

Отчет предоставляется на листах бумаги или заполняется шаблон.

Порядок работы:

1. Заполнить журнал нивелирования, выполнить постраничный контроль и оценку точности.
2. Начертить схему взаимного расположения нивелира и реек при нивелировании условной трассы. На схеме указать вычисленные значения  $h$ , ГП,  $H$  (рис. 15).
3. Начертить схему уравнивания нивелирного хода. Указать на ней измеренные значения превышений и поправки.

## Лабораторная работа 5

### Устройство теодолита Т30 (2Т30)

При выполнении задания студенты изучают устройство теодолита-тахеометра, последовательность и приемы работы с ним, приобретают умение снимать отсчеты по шкалам микроскопа.

Для выполнения задания необходимо наличие теодолита Т30 или 2Т30, штатива. Работа предоставляется на листах писчей бумаги или используется шаблон отчета.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с основными частями теодолита-тахеометра. Уяснить назначение винтов и последовательность работы с ними.
2. Научиться производить отсчеты по шкалам микроскопа.
3. Составить отчет о выполнении работы.

### Устройство теодолита и порядок работы

*Теодолит* – геодезический прибор, при помощи которого измеряют горизонтальные и вертикальные углы с целью определения положения точек. *Горизонтальный угол* – это проекция на горизонтальную плоскость двугранного угла, образованного вертикальными плоскостями, содержащими наблюдаемые точки. *Вертикальный угол* – острый угол между линией визирования (направлением на точку) и ее проекцией на горизонтальную плоскость.

Технический теодолит Т30 (2Т30) (рис. 16) предназначен для измерения углов со средней квадратической погрешностью измерения угла одним приемом  $m = 30''$  в теодолитных и тахеометрических ходах, съёмочных сетях, а также для выполнения разбивочных работ на местности.

Основными частями теодолита являются алидада и лимб горизонтального круга, алидада и лимб вертикального круга, зрительная труба с внутренним фокусированием, уровень при алидаде горизонтального круга, а также отсчетное, наводящее и закрепительное устройства.

*Лимб* – это диск или кольцо из оптического стекла с нанесенными по ходу часовой стрелки делениями от 0 до 360°. *Алидада* –

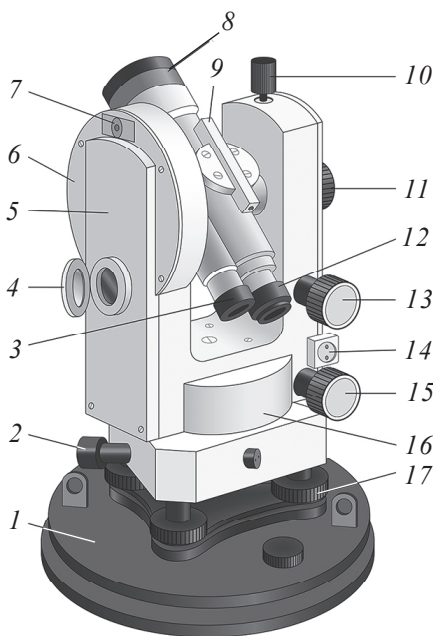


Рис. 16. Теодолит 2Т30:

1 – основание подставки (футляра); 2 – наводящий винт лимба; 3 – окуляр микроскопа; 4 – зеркало иллюминатора для подсветки оптической системы внутри теодолита; 5 – колонка; 6 – вертикальный круг; 7 – паз для крепления буссоли; 8 – зрительная труба; 9 – визир; 10 – закрепительный винт зрительной трубы; 11 – кремальера; 12 – окуляр зрительной трубы; 13 – наводящий винт зрительной трубы; 14 – исправительный винт уровня при алидаде горизонтального круга; 15 – наводящий винт алидады горизонтального круга; 16 – корпус горизонтального круга; 17 – подъемные винты

часть прибора, соосная с лимбом, несущая элементы отсчетного устройства, с помощью которых фиксируются отсчеты по шкале лимба. Лимб и алидада горизонтального круга вращаются как раздельно, так и совместно.

Ось вращения алидады горизонтального круга называют *основной* или *вертикальной осью прибора*. Зрительная труба теодолита вращается вокруг горизонтальной оси, установленной на колонках, в результате чего образуется вертикальная плоскость, называемая *коллимационной*.

Лимб вертикального круга жестко соединен со зрительной трубой и вращается вместе с ней относительно неподвижной алидады. Отсчет по вертикальному кругу, соответствующий горизонтальному положению визирной оси и положению уровня при алидаде в нуль-пункте, называют *местом нуля*. Вертикальный круг, если смотреть со стороны окуляра, может располагаться справа от зрительной трубы – «круг право» (КП) и слева – «круг лево» (КЛ).

В качестве отсчетных устройств в технических теодолитах используются штриховые и шкаловые микроскопы. В поле зрения микроскопа передаются изображения штрихов и цифр обоих кругов. Окуляр микроскопа располагается рядом с окуляром зрительной трубы.

Для фиксации подвижных частей прибора используют соответствующие закрепительные винты лимба, алидады и зрительной трубы. Наводящие винты работают только при затянутом положении закрепительных винтов.

При подготовке теодолита к работе его необходимо установить на штатив и выполнить *центрирование* прибора, т. е. установить центр лимба горизонтального круга над вершиной измеряемого угла при помощи отвеса или оптического центрира. Закрепить теодолит становым винтом.

#### П о с л е д о в а т е л ь н о с т ь   р а б о т ы в и н т а м и:

- вертикальную ось вращения привести в отвесное положение. Для этого освободить закрепительный винт алидады. Повернуть верхнюю часть теодолита так, чтобы ось цилиндрического уровня расположилась параллельно прямой, соединяющей два подъемных винта. Вращая эти винты в противоположных направлениях, вывести пузырек уровня на середину. Повернуть верхнюю часть теодолита на  $90^\circ$  и с помощью третьего подъемного винта установить пузырек уровня на середину;

- установить резкость изображения сетки нитей. Для этого освободить закрепительный винт зрительной трубы, навести ее на светлый фон и добиться четкого изображения сетки нитей вращением диоптрийного кольца окуляра зрительной трубы;

- при затянутом закрепительном винте лимба горизонтального круга поворотом алидады вертикальный круг привести в положение КЛ или КП;
- навести зрительную трубу на точку приблизительно с помощью визира, глядя поверх трубы, совместить крест визира с точкой визирования;
- затянуть закрепительные винты алидады и зрительной трубы;
- вращая кремальеру, установить резкость изображения точки в поле зрения зрительной трубы;
- выполнить точное наведение зрительной трубы на визирную цель. Перекрестие сетки нитей совместить с изображением точки:
  - в горизонтальной плоскости с помощью наводящего винта алидады;
  - в вертикальной плоскости с помощью наводящего винта зрительной трубы;
- добиться оптимального освещения поля зрения микроскопа поворотом и наклоном зеркала;
- установить резкость изображения отсчетного устройства вращением диоптрийного кольца окуляра микроскопа и произвести отсчеты при КЛ или КП.

## Отсчетные устройства

В верхней части поля зрения отсчетного микроскопа, обозначенной буквой «В», видны штрихи и цифры вертикального круга, в нижней части, обозначенной буквой «Г», – штрихи и цифры горизонтального круга (рис. 17).

В теодолите *T30* в качестве отсчетного устройства применяется штриховой микроскоп. Лимбы горизонтального и вертикального кругов разделены через  $10'$  и оцифрованы через  $1^\circ$ , следовательно, цена деления лимбов соответствует  $10'$  (рис. 17, а). Оценивая десятые доли одного деления лимба на глаз, можно сделать отсчет по индексу (отсчетному штриху) с точностью до  $1'$ .

Например (рис. 17, а), отсчет по вертикальному кругу равен  $359^\circ 42'$ , по горизонтальному кругу –  $71^\circ 26'$ .



В теодолите 2Т30 в качестве отсчетного устройства применяется шкаловый микроскоп. Цена деления лимба  $1^\circ$ , а длина шкалы равна расстоянию между градусными штрихами на лимбе. Шкала разделена на 12 делений, следовательно, цена деления шкалы  $5'$  (рис. 17, б). Оценивая десятые доли одного деления шкалы на глаз, можно сделать отсчет по градусному штриху лимба с точностью до  $30''$ . Шкала для вертикального круга имеет два ряда цифр. Когда в пределах шкалы находится штрих лимба, подписанный цифрой со знаком «—», записывают отрицательный отсчет, а минуты отсчитывают по нижнему ряду цифр справа налево (от  $-0$  к  $-6$  на шкале). Так, на рис. 17, б отсчет по вертикальному кругу  $-5^\circ 25' 30''$ .

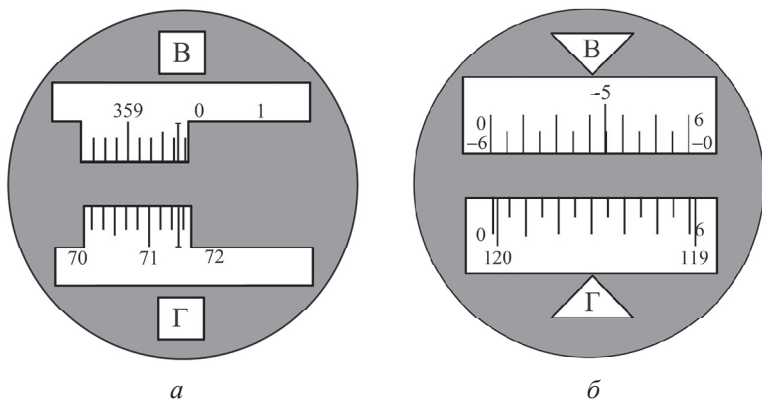


Рис. 17. Поле зрения микроскопов:

*a* – теодолит Т30 (отсчет по вертикальному кругу  $359^\circ 42'$ , отсчет по горизонтальному кругу  $71^\circ 26'$ ); *б* – теодолит 2Т30 (отсчет по вертикальному кругу  $-5^\circ 25' 30''$ , отсчет по горизонтальному кругу  $120^\circ 02'$ )

**Производство отсчетов.** При выполнении лабораторной работы отсчеты брать по вертикальному и горизонтальному кругам при двух положениях вертикального круга.

Порядок производства отсчетов:

- теодолит установить на штатив. Основную ось прибора привести в отвесное положение;
- выбрать или закрепить четко видимую точку;

- расположить вертикальный круг слева КЛ и навести зрительную трубу теодолита на выбранную точку;
- проверить положение уровня при алидаде горизонтального круга. В случае смещения вернуть пузырек уровня с помощью одного из подъемных винтов в нуль-пункт. После этого с помощью наводящих винтов перекрестие сетки нитей совместить с выбранной точкой. Взять отсчеты по вертикальному и горизонтальному кругам при положении вертикального круга КЛ.

Поскольку на рис. 17, б в пределах шкалы вертикального круга находится градусный штрих лимба  $-5$ , отсчет минут нужно выполнять по нижнему ряду цифр от  $-0$  к  $-6$  справа налево до градусного штриха. Отсчет по вертикальному кругу  $-5^{\circ}25'30''$ :  $-5$ , плюс пять делений по  $5'$ , плюс  $30''$ . Отсчет по горизонтальному кругу  $120^{\circ}02'$ ;

- при закреплённом лимбе горизонтального круга, освободив закрепительный винт алидады, расположить вертикальный круг справа КП;
- освободить закрепительный винт зрительной трубы. Перевести трубу через зенит и навести на ту же точку. Взять отсчеты по вертикальному и горизонтальному кругам при КП.

## Оформление отчета

Для оформления отчета можно использовать шаблон. При самостоятельном оформлении на листах писчей бумаги:

1) начертить схему теодолита с указанием его основных частей. Заполнить таблицу:

№ п/п	Наименование винтов теодолита	Назначение винтов теодолита

2) выполнить для одной точки два рисунка. На первом рисунке изобразить поле зрения микроскопа с указанием значений отсчетов по горизонтальному и вертикальному кругам при положении вертикального круга КЛ. На втором рисунке – то же при КП.

## Лабораторная работа 6

### Поверка и юстировка теодолита ТЗ0 (2ТЗ0)

При выполнении лабораторной работы студенты осваивают операции поверки теодолита, в ходе которых проверяется соблюдение геометрических условий прибора. Соблюдение этих условий необходимо для обеспечения требуемой точности измерения углов. К выполнению юстировки прибора студенты не допускаются из-за высоких квалификационных требований к исполнителям.

Для выполнения задания необходимо наличие теодолита ТЗ0 (2ТЗ0), штатива.

Порядок выполнения работы:

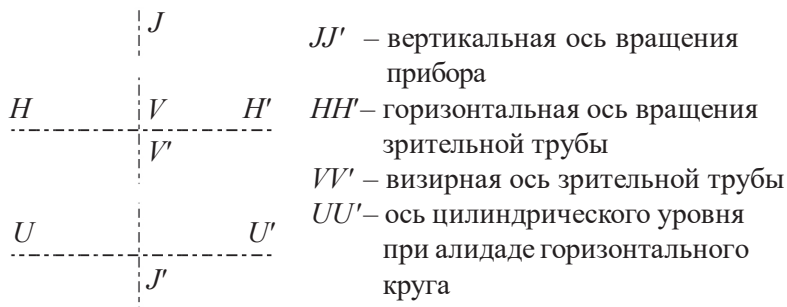
1. Поверки и юстировки теодолита.
2. Составление отчета о выполнении лабораторной работы.

#### Поверки и юстировки теодолита

Перед началом работы теодолит установить на штатив и привести в рабочее положение.

Поверка выполняется с целью контроля правильности взаимного расположения осей (частей) теодолита.

Основные оси теодолита:



В случае обнаружения несоответствия в положении осей и частей теодолита должна быть выполнена его юстировка.

Основные операции поверки теодолита ТЗ0 или 2ТЗ0:

1. Проверка установочного уровня.

2. Проверка правильности установки сетки нитей зрительной трубы.

3. Проверка перпендикулярности визирной оси к оси вращения зрительной трубы.

4. Проверка места нуля вертикального круга.

5. Проверка перпендикулярности горизонтальной и вертикальной осей.

### Пр о в е д е н и е о п е р а ц и й

#### п о в е р к и и ю с т и р о в к и:

1. Геометрическое условие: *ось цилиндрического уровня при алидаде горизонтального круга должна быть перпендикулярной к вертикальной оси вращения прибора.*

#### Последовательность действий:

- установить уровень параллельно двум подъемным винтам и, вращая их в противоположных направлениях, привести пузырек уровня на середину;

- повернуть алидаду горизонтального круга при закрепленном лимбе на  $180^\circ$  и оценить отклонение пузырька уровня от среднего положения.

Условие выполнено, если отклонение пузырька не больше одного деления уровня, если отклонение больше – необходима юстировка.

#### Юстировка:

- переместить пузырек уровня на половину отклонения с помощью исправительных винтов уровня, а на другую половину – с помощью подъемных винтов;

- для контроля поверку повторить.

2. Геометрическое условие: *вертикальная нить сетки должна быть параллельна, а горизонтальная нить – перпендикулярна к вертикальной оси теодолита.*

#### Последовательность действий:

- привести вертикальную ось в отвесное положение с помощью уровня при алидаде;

- навести зрительную трубу на точку, совместить изображение точки с левым концом горизонтальной нити сетки нитей;

- повернуть алидаду вокруг вертикальной оси с помощью наводящего винта, проследить, не сходит ли изображение точки с правого конца горизонтальной нити сетки нитей.

Условие выполнено, если изображение точки сходит с горизонтальной нити не более чем на три ширины этой нити, если больше – нужна юстировка.

Юстировка:

- снять колпачок сетки нитей в окулярной части трубы (рис. 18), тем самым освободить доступ к исправительным винтам сетки;
- ослабив четыре крепежных винта окуляра, повернуть его вместе с сеткой так, чтобы нить сетки расположилась горизонтально;
- закрепить винты и установить колпачок;
- для контроля поверку повторить.

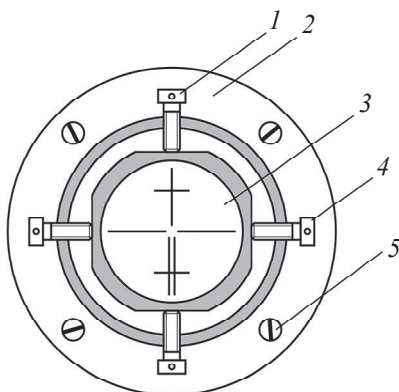


Рис. 18. Окулярная часть зрительной трубы:

1 – вертикальные исправительные винты сетки нитей; 2 – корпус; 3 – сетка нитей;  
4 – боковые исправительные винты сетки нитей; 5 – винты крепления окуляра

3. Геометрическое условие: *визирная ось зрительной трубы должна быть перпендикулярна горизонтальной оси вращения зрительной трубы.*

Несоблюдение этого условия вызывает коллимационную ошибку  $C$ . Коллимационной ошибкой  $C$  называется угол отклонения визирной оси от перпендикуляра к оси вращения зрительной трубы.

Последовательность действий:

- привести вертикальную ось в отвесное положение;
- навести зрительную трубу при положении вертикального круга теодолита «круг слева» на удаленную точку, направление на которую горизонтально (отклонение не более  $2^\circ$ );
- снять показание КЛ с лимба горизонтального круга;
- снова навести зрительную трубу на выбранную точку при положении вертикального круга «круг справа» и снять показания КП;
- освободить закрепительный винт лимба (при закрепленной алидаде), повернуть теодолит на  $180^\circ$  и снова закрепить;
- навести зрительную трубу на ту же точку при двух положениях теодолита и снять показания;
- вычислить коллимационную ошибку:

$$C = [(КЛ_1 - КП_1 \pm 180^\circ) + (КЛ_2 - КП_2 \pm 180^\circ)]/4.$$

Условие выполнено, если значение коллимационной ошибки не превышает двойную точность отсчетного устройства  $C \leq 2t$ , где  $t = 1'$  для Т30, 2Т30.

Если  $C > 2t$ , то необходима юстировка.

Юстировка выполняется после определения М0.

4. Геометрическое условие: *когда визирная ось зрительной трубы и ось уровня при алидаде горизонтальны, нулевые деления алидады должны совпадать с нулевыми делениями вертикального круга.*

Последовательность действий:

- проверить положение пузырька уровня при алидаде горизонтального круга и в случае смещения вывести его в нуль-пункт подъемными винтами;
- навести зрительную трубу при положении теодолита «круг слева» на удаленную точку;
- снять показание КЛ с лимба вертикального круга;
- повторить наведение при положении теодолита «круг справа» и снять показание КП;
- вычислить место нуля:
  - для Т30  $M_0 = (КЛ + КП + 180^\circ)/2$ , при этом к отсчету, меньшему  $90^\circ$ , прибавить  $360^\circ$ ;

– для  $2T30 \text{ M0} = (\text{КЛ} + \text{КП})/2$ .

Условие выполнено, если значение места нуля не превышает двойную точность отсчетного устройства  $\text{M0} \leq 2t$ , если превышает – необходима юстировка.

Юстировка:

- вычислить исправленные показания для горизонтального круга по формуле

$$\text{КЛ}_{\text{испр}} = \text{КЛ} - \text{C} \quad \text{или} \quad \text{КП}_{\text{испр}} = \text{КП} + \text{C};$$

- вычислить исправленные показания для вертикального круга по формуле

$$\text{КЛ}_{\text{испр}} = \text{КЛ} - \text{M0} \quad \text{или} \quad \text{КП}_{\text{испр}} = \text{КП} - \text{M0};$$

- установить вычисленные показания на соответствующих кругах с помощью наводящих винтов:

- для горизонтального круга наводящим винтом алидады;

- для вертикального круга наводящим винтом зрительной трубы.

Перекрестие сетки нитей сместится с наблюдаемой точки;

- снять колпачок, закрывающий доступ к исправительным винтам сетки нитей (рис. 18);

- переместить сетку нитей до совмещения ее перекрестия с изображением наблюдаемой точки:

- для исправления  $\text{C}$ , ослабив вертикальные исправительные винты, действовать боковыми исправительными винтами;

- для исправления  $\text{M0}$ , ослабив боковые исправительные винты, действовать вертикальными исправительными винтами.

При юстировке места нуля следить за положением пузырька уровня при алидаде горизонтального круга и в случае смещения вывести его в нуль-пункт с помощью подъемных винтов.

Для контроля поверку повторить.

5. Геометрическое условие: *горизонтальная ось вращения трубы должна быть перпендикулярной к вертикальной оси вращения теодолита.*

Последовательность действий:

- установить теодолит на расстоянии 2–3 м от стены;

- привести вертикальную ось в отвесное положение;
- выбрать на стене высоко расположенную точку;
- навести на выбранную точку зрительную трубу при положении вертикального круга теодолита КЛ;
- наклонить зрительную трубу примерно до горизонтального положения и отметить на стене точку так, чтобы изображение точки точно совпадало с перекрестием сетки нитей;
- снова навести зрительную трубу на верхнюю точку при положении вертикального круга теодолита КП;
- наклонить зрительную трубу вниз и определить смещение отмеченной точки относительно перекрестия сетки нитей.

Условие выполнено, если смещения нижней точки нет, если смещение имеет место – устранять его необходимо в заводских условиях.

## Оформление отчета

Отчет предоставляется на листах бумаги или заполняется шаблон.

Заполнить таблицу:

- записать формулировки геометрических условий теодолита;
- описать последовательность действий при проведении операций поверки, выполнить обработку результатов измерений, на основании своих наблюдений сделать выводы о необходимости юстировки;
- описать операции юстировки и выполнить необходимые вычисления:

Геометрическое условие	Проведение операций поверки	Результаты наблюдений и вывод о необходимости выполнения юстировки	Проведение операций юстировки



## Лабораторная работа 7

### Измерение горизонтальных углов

Выполняя задание, студенты осваивают последовательность действий при измерении горизонтальных углов и приобретают опыт заполнения журнала измерений углов с его последующей обработкой.

Для выполнения работы необходимо наличие теодолита Т30 (2Т30), штатива, вешки, журнала измерений горизонтальных углов.

Порядок выполнения работы:

1. Измерение горизонтальных углов способом приемов.
2. Составление отчета о выполнении лабораторной работы.

Определяя плановое положение точек, измеряют горизонтальные углы. *Горизонтальный угол* – это проекция на горизонтальную плоскость двугранного угла, образованного вертикальными плоскостями, проходящими через заданные направления. Горизонтальный угол измеряют по горизонтальному кругу теодолита.

Для измерения угла  $AOB$  (рис. 19) теодолит при помощи отвеса центрируют над вершиной угла  $O$ . Основную ось прибора приводят в отвесное положение. При этом лимб горизонтального круга принимает горизонтальное положение. Зрительную трубу наводят на низ вешки, которую последовательно устанавливают на точки визирования. Коллимационная плоскость в направлениях  $OA$  и  $OB$  пересечет шкалу лимба по отсчетам  $a$  и  $b$ . Разность этих отсчетов дает определяемый угол с вершиной в точке  $O$ :  $\beta = \angle AOB = b - a$ . При вычислении горизонтальных углов действует правило: из отсчета на правое, относительно наблюдателя, направление вычитается отсчет на левое направление. Период измерения горизонтальных углов от  $0$  до  $360^\circ$ .

Измерение при одном положении вертикального круга называют *полуприемом*, измерение угла при положении вертикального круга справа и слева от наблюдателя – *полным приемом*. Для контроля и ослабления влияний систематических погрешностей угол измеряют при двух положениях вертикального круга – способом приемов.

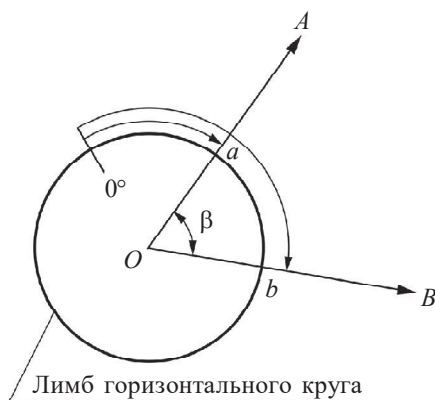


Рис. 19. Схема измерения горизонтальных углов способом приемов

### Измерение углов способом приемов

Измерить три горизонтальных угла замкнутого теодолитного хода (рис. 20). Точки I, II, III для выполнения задания выбрать произвольно. Если измерения будут выполнены правильно, то выполнится условие: сумма углов  $\beta_1, \beta_2, \beta_3$  будет равна  $180^\circ$ . Результаты измерений записать в журнал измерений горизонтальных углов (см. с. 59).

Для измерения угла  $\beta_1$ :

- над вершиной угла I установить и центрировать теодолит, основную ось прибора привести в отвесное положение;
- в точку II установить вешку;
- расположить вертикальный круг слева КЛ и навести зрительную трубу на вешку, проверить положение уровня при алидаде горизонтального круга, после этого перекрестие сетки нитей совместить с основанием вешки и взять отсчет  $a_1^{\text{КЛ}}$  по горизонтальному кругу, например,  $a_1^{\text{КЛ}} = 163^\circ 09'$ ;
- вешку установить в точке III;
- при закрепленном лимбе, вращая алидаду, навести зрительную трубу на вешку в точке III, все действия повторить и взять отсчет  $a_2^{\text{КЛ}}$  по горизонтальному кругу, например,  $a_2^{\text{КЛ}} = 236^\circ 32'$ ;

- расположить вертикальный круг справа и повторить наведение на точки II, III при КП. Произвести отсчеты по горизонтальному кругу, например,  $a_1^{\text{КП}} = 343^\circ 08'$  и  $a_2^{\text{КЛ}} = 56^\circ 32'$ .

Для измерения угла  $\beta_2$  теодолит установить над точкой II, вешку последовательно устанавливать на точки III, I. Работу на станции II выполнить в той же последовательности, что и на станции I.

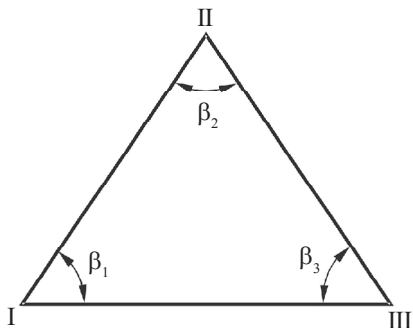


Рис. 20. Схема замкнутого теодолитного хода

Для измерения угла  $\beta_3$  теодолит установить над точкой III, вешку последовательно устанавливать на точки I, II. Работу на станции III выполнить в той же последовательности, что и на предыдущих станциях.

Обработка результатов измерений:

- вычислить на каждой станции значения углов в полуприемах:

$$\beta^{\text{КЛ}} = a_2^{\text{КЛ}} - a_1^{\text{КЛ}},$$

$$\beta^{\text{КП}} = a_2^{\text{КП}} - a_1^{\text{КП}}.$$

Измерения выполнены правильно, если выполняются условия

$$|\beta^{\text{КЛ}} - \beta^{\text{КП}}| \leq 2t,$$

$$C \leq 2t.$$

Например, для вычисления  $\beta_1$ :

$$\beta_1^{\text{КЛ}} = 236^\circ 32' - 163^\circ 09' = 73^\circ 23';$$

$$\beta_1^{\text{КП}} = 56^\circ 32' + 360^\circ - 343^\circ 08' = 73^\circ 24'.$$

Контроль:

$$\begin{aligned} |73^{\circ}23' - 73^{\circ}24'| &< 2', \\ 2C = 163^{\circ}09' - 343^{\circ}08' + 180^{\circ} &= 1', C = 30'', \\ 30'' &< 2'; \end{aligned}$$

- вычислить средние значения измеряемых углов:

$$\beta = (\beta^{\text{кп}} + \beta^{\text{кл}})/2.$$

Например, для вычисления  $\beta_1$ :

$$\beta_1 = (73^{\circ}23' + 73^{\circ}24')/2 = 73^{\circ}23'30'';$$

- вычислить угловую невязку замкнутого теодолитного хода:

$$f_{\beta} = \sum_{i=1}^n \beta_i - \sum \beta_{\text{т}},$$

где  $\sum_{i=1}^n \beta_i$  – сумма измеренных углов;  $\sum \beta_{\text{т}}$  – теоретическая сумма углов хода, которую вычисляют по формуле

$$\sum \beta_{\text{т}} = 180^{\circ}(n - 2),$$

где  $n$  – число сторон теодолитного хода;

- вычислить допустимую угловую невязку:

$$f_{\beta}^{\text{доп}} = \pm 1' \sqrt{n};$$

• если выполняется условие  $|f_{\beta}| \leq f_{\beta}^{\text{доп}}$ , то поправку в значения углов вычислить по формуле

$$v_{\beta} = -f_{\beta}/n.$$

Если условие  $|f_{\beta}| \leq f_{\beta}^{\text{доп}}$  не выполняется, то измерения необходимо повторить;

- вычислить исправленные значения углов:

$$\beta_i^{\text{испр}} = \beta_i + v_{\beta}.$$

Вычисления выполнены правильно, если выполняются равенства

$$\sum v_{\beta} = -f_{\beta},$$

$$\sum \beta_i^{\text{испр}} = \sum \beta_{\text{т}}.$$

## Оформление отчета

Отчет выполняется на листах бумаги или заполняется шаблон.

1. Заполнить журнал измерений горизонтальных углов, выполнить уравнивание:

**Журнал измерений горизонтальных углов**

Стан- ция	Точка визи- рования	Отсчет		Угол		Среднее из углов	2C = = КЛ – КП ± ± 180°
		КЛ	КП	КЛ	КП		
I	II	163°09'	343°08'	73°23'	73°24'	73°23'30"	01'
	III	236°32'	56°32'				01'
II							
III							

2. Начертить схему замкнутого теодолитного хода и указать на ней величины углов.

## Лабораторная работа 8

### Измерение вертикальных углов

Выполняя задание, студенты осваивают последовательность действий при измерении вертикальных углов и приобретают опыт заполнения журнала измерений с его последующей обработкой.

Для выполнения работы необходимо наличие теодолита Т30 (2Т30), штатива, вешки, журнала измерений вертикальных углов.

Порядок выполнения работы:

1. Измерение вертикальных углов и заполнение журнала измерений.

2. Составление отчета о выполнении лабораторной работы.

Для определения высот точек и превышений между ними измеряют вертикальные углы (углы наклона). *Вертикальный угол* – это острый угол между линией визирования (направлением на точку) и ее проекцией на горизонтальную плоскость. Если наблюдаемая точка расположена выше горизонтального положения линии визирования, то вертикальный угол считается положительным (на схеме это  $v_1$  и  $v_2$ ), если ниже – отрицательным (на схеме –  $v_3$ ). Вертикальный угол измеряют по вертикальному кругу теодолита. Для измерения угла над его вершиной устанавливают и центрируют теодолит. Основную ось прибора приводят в отвесное положение. Период измерения вертикальных углов от  $-90^\circ$  до  $+90^\circ$ .

Теодолиты Т30 и 2Т30 не имеют уровня при алидаде вертикального круга, поэтому перед точным наведением на точку необходимо приводить пузырек уровня при алидаде горизонтального круга в нуль-пункт с помощью подъемного винта, по направлению которого расположен уровень. Измерения выполняют при двух положениях вертикального круга.

### Измерение углов теодолитами Т30, 2Т30

Измерить три вертикальных угла (рис. 21). Точки 1, 2, 3 выбрать на различной высоте (при измерении угла наклона местности высота визирования должна быть равна высоте прибора). Результаты измерений записать в журнал измерений вертикальных углов (см. с. 63).

Для измерения угла  $v_1$ :

- над вершиной угла установить и центрировать теодолит, основную ось прибора привести в отвесное положение;
- выбрать и закрепить точку 1;
- расположить вертикальный круг слева КЛ и навести зрительную трубу на точку 1 приближенно, проверить положение уровня при алидаде горизонтального круга, после этого перекрестие сетки нитей совместить с точкой 1 и взять отсчет  $a_1^{КЛ}$  по вертикальному кругу;
- расположить вертикальный круг справа КП и повторить наведение на ту же точку 1, взять отсчет  $a_1^{КП}$  по вертикальному кругу.

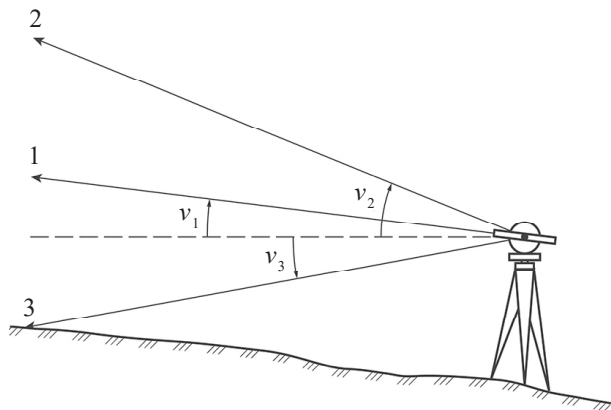


Рис. 21. Схема измерения вертикальных углов

Для измерения углов  $v_2$ ,  $v_3$  зрительную трубу последовательно навести на точки 2, 3. Работу выполнить в той же последовательности, что и при измерении  $v_1$ ;

- вычислить для каждого угла величину  $M_0$ . Измерения углов выполнены правильно, если вычисленные значения  $M_0$  не отличаются друг от друга больше, чем на удвоенную точность отсчетного устройства вертикального круга теодолита, т. е. величина и колебания места нуля

$$M_0 \leq 2t.$$

- вычислить величину каждого измеренного угла по трем формулам.

### Примеры вычислений

- При измерениях угла теодолитом 2Т30 получены следующие отсчеты:  $a_1^{\text{КЛ}} = +3^\circ 20'$  и  $a_1^{\text{КП}} = -3^\circ 22'$ .

Значения  $M_0$  и  $\nu$  вычисляются по следующим формулам:

$$M_0 = (\text{КЛ} + \text{КП})/2 = (3^\circ 20' - 3^\circ 22')/2 = -0^\circ 01';$$

$$\text{контроль: } M_0 \leq 2t, |-0^\circ 01'| < 2';$$

$$\nu_1 = \text{КЛ} - M_0 = 3^\circ 20' - (-0^\circ 01') = +3^\circ 21';$$

$$\nu_1 = M_0 - \text{КП} = -0^\circ 01' - (-3^\circ 22') = +3^\circ 21';$$

$$\nu_1 = (\text{КЛ} - \text{КП})/2 = [3^\circ 20' - (-3^\circ 22')]/2 = +3^\circ 21'.$$

Правильность вычислений контролируется путем сравнения значений  $\nu$ , вычисленных по разным формулам;

- при измерениях угла теодолитом Т30 получены следующие отсчеты:  $a_1^{\text{КЛ}} = 3^\circ 22'$  и  $a_1^{\text{КП}} = 176^\circ 42'$ .

Значения  $M_0$  и  $\nu$  вычисляются по формулам

$$M_0 = (\text{КЛ} + \text{КП} + 180^\circ)/2 = (3^\circ 22' + 360^\circ + 176^\circ 42' + 180^\circ)/2 = +0^\circ 02';$$

$$\text{контроль: } M_0 \leq 2t, |-0^\circ 02'| = 2';$$

$$\nu_1 = \text{КЛ} - M_0 = 3^\circ 22' - 0^\circ 02' = +3^\circ 20';$$

$$\nu_1 = M_0 - \text{КП} - 180^\circ = 0^\circ 02' + 360^\circ - 176^\circ 42' - 180^\circ = +3^\circ 20';$$

$$\nu_1 = (\text{КЛ} - \text{КП} - 180^\circ)/2 = (3^\circ 22' + 360^\circ - 176^\circ 42' - 180^\circ)/2 = +3^\circ 20'.$$

При вычислениях по этим формулам к значениям, меньшим  $90^\circ$ , прибавляют  $360^\circ$ .

### Оформление отчета

Отчет предоставляется на листах бумаги или заполняется шаблон.



1. Заполнить журнал измерений вертикальных углов.

**Журнал измерений вертикальных углов**

Теодолит \_\_\_\_\_ 2Т30 \_\_\_\_\_

Номер станции	Точка визирования	Отсчет		M0	Угол наклона
		КЛ	КП		
I	1	+3°20′	−3°22′	−0°01′	+3°21′
	2				
	3				

2. Привести вычисления углов по трем формулам.

3. Начертить схему измеренных углов и указать их величины.

## Лабораторная работа 9

### Тригонометрическое нивелирование

Выполнение задания позволит освоить порядок работы на станции при определении превышения методом тригонометрического нивелирования и приобрести навык заполнения и обработки журнала тригонометрического нивелирования.

Для выполнения работы необходимо наличие теодолита-тахеометра Т30 или 2Т30, штатива, нивелирной рейки и журнала тригонометрического нивелирования.

Порядок выполнения работы:

1. Измерение превышения методом тригонометрического нивелирования и заполнение журнала измерений.
2. Составление отчета о выполнении лабораторной работы.

*Тригонометрическое нивелирование* – это способ определения превышения между точками при помощи наклонного луча визирования. Преимуществом данного метода является возможность определения высот труднодоступных точек без ограничения углов наклона линии визирования к горизонту и дальности расстояния.

Соответствующий подбор приборов и методики измерений дает возможность применять тригонометрическое нивелирование для создания высотного обоснования топографических съемок, для определения высот точек при топографических съемках крупных масштабов, при выполнении архитектурных обмеров зданий и сооружений, а также при наблюдении за их осадками.

Для определения превышения  $h$  между точками  $A$  и  $B$  измеряют угол наклона визирной линии к горизонту  $v$ , высоту инструмента  $i$  и наклонное расстояние  $D$  до точки визирования (рис. 22). Угол наклона  $v$  измеряют наведением зрительной трубы на верх рейки, вехи или на любую высоту визирования  $l$ .

Превышение вычисляют по формуле

$$h = D \cos v + i - l$$

или

$$h = d \operatorname{tg} v + i - l,$$

где  $d$  – горизонтальная проекция наклонного расстояния  $D$ .

При расстояниях от прибора до определяемой точки свыше 300 м в измеренные превышения вводится поправка  $f$  за кривизну Земли и рефракцию:

$$h = d \operatorname{tg} v + i - l + f,$$

где

$$f = 0,43d^2/R,$$

$R$  – радиус Земли.

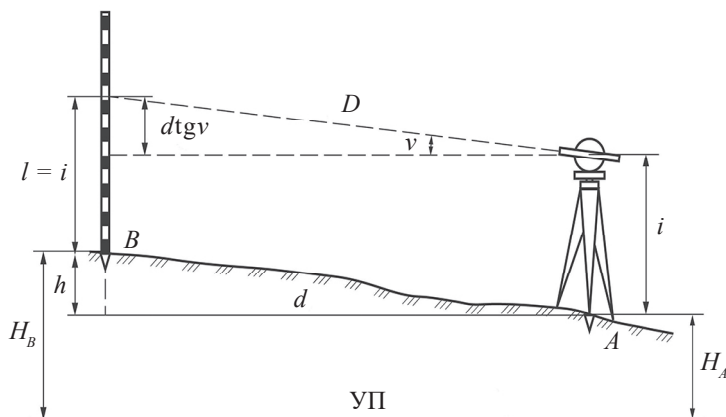


Рис. 22. Схема тригонометрического нивелирования

### Измерение превышения методом тригонометрического нивелирования и заполнение журнала измерений

Порядок проведения работ:

- установить теодолит над точкой  $A$ , привести его в рабочее положение;
- с помощью нивелирной рейки измерить с точностью до 0,01 м высоту прибора  $i$  от точки  $A$  до горизонтальной оси вращения зрительной трубы теодолита. Измеренное значение высоты  $i$  записать в журнале тригонометрического нивелирования (см. с. 68) и отметить меткой на нивелирной рейке;
- в точке  $B$  установить нивелирную рейку;

- навести перекрестие сетки нитей на точку *B*. Проверить положение пузырька уровня при алидаде горизонтального круга. Если нужно, вернуть его одним из подъемных винтов в нуль-пункт. После этого перекрестие сетки нитей навести на отсчет по рейке, равный высоте прибора *i*. Тогда

$$l = i;$$

- по вертикальному кругу взять отсчет при положении КЛ или КП. Записать его численное значение в журнал. Перевести зрительную трубу через зенит и повторить наведение при другом положении вертикального круга теодолита. При взятии отсчетов постоянно следить за положением пузырька уровня. Результаты измерений записать в журнал;

- по результатам измерений определить значение  $M_0$  и угла наклона  $\nu$  с помощью формул для теодолита 2Т30:

$$M_0 = (КЛ + КП)/2,$$

$$\nu = КЛ - M_0,$$

$$\nu = M_0 - КП,$$

$$\nu = (КЛ - КП)/2.$$

Для теодолита Т30 значение  $M_0$  и угла наклона  $\nu$  вычислить по формулам

$$M_0 = (КЛ + КП + 180^\circ)/2,$$

$$\nu = КЛ - M_0,$$

$$\nu = M_0 - КП - 180^\circ,$$

$$\nu = (КЛ - КП - 180^\circ)/2;$$

- для измерения наклонного расстояния  $D$  по рейке взять дальномерный отсчет  $n$ , равный разнице отсчетов по нижней и верхней дальномерным нитям зрительной трубы (см. рис. 12). Отсчет брать только по черной стороне рейки, например:

$$1165 - 1095 = 0070 \text{ мм},$$

$$n = 0,070 \text{ м}.$$

Наклонное расстояние вычислить по формуле

$$D = Kn + c,$$

где  $K$  – коэффициент дальномера, равный 100;  $c$  – постоянная дальномера, приблизительно равная нулю;

- горизонтальное расстояние вычислить по формуле

$$d = D \cos^2 v;$$

- по формуле  $h = d \operatorname{tg} v$  вычислить превышение в прямом направлении;

- результаты вычислений  $d$  и  $h$  занести в журнал тригонометрического нивелирования;

- для контроля точности измерений превышение измерить в обратном направлении. Для этого в точке  $B$  установить теодолит, а в точке  $A$  – нивелирную рейку.

Измерение превышения в обратном направлении производится в той же последовательности, что и в прямом направлении. Полученные значения отсчетов и результаты вычислений занести в журнал.

За величину превышения принять среднее арифметическое из результатов двух измерений, если выполняется условие

$$\left| h_{AB} \right| - \left| h_{BA} \right| \leq 0,4S,$$

где  $S$  – горизонтальное проложение, выраженное в сотнях метров и округленное до десятых.

## Оформление отчета

Отчет выполняется на листах бумаги или заполняется шаблон.

1. Заполнить журнал тригонометрического нивелирования. Отметку точки  $A$  выбрать произвольно.

2. Зарисовать две схемы взаимного расположения теодолита-тахеометра и рейки при измерении превышения между точками в прямом и обратном направлении (рис. 22). На схемах показать измеренные вертикальные углы.

## Журнал тригонометрического нивелирования

Теодолит \_\_\_\_\_ Т30 \_\_\_\_\_

Номер станции	Номер точки наблюдения	Высота прибора $i$ , м	Высота точки визирования $l$ , м	Дальномерный отсчет по рейке $n$ , м	Отсчеты		МО	$\pm v$	Горизонтальное расстояние $d$ , м	Превышение $h$ , м	$h_{\text{ср}}$ , м	Отметки
					КЛ	КП						
А	В	1,58	1,58	0,680	359°45'	180°15'	0°00'	-0°15'	68,00	-0,297		281,829
В	А	1,60	1,60	0,679	0°16'	179°46'	0°01'	+0°15'	67,89	+0,296	-0,296	281,533

3. Привести пример вычисления превышения в прямом и обратном направлении.

## Лабораторная работа 10

### Тахеометрическая съемка

Задание направлено на формирование у студентов навыка производства измерений и вычислений при тахеометрической съемке местности.

Для выполнения работы необходимо наличие теодолита Т30 или 2Т30, штатива, нивелирной рейки и журнала тахеометрической съемки.

Порядок выполнения работы:

1. Выполнение тахеометрической съемки участка местности и заполнение журнала тахеометрической съемки.

2. Составление отчета о выполнении лабораторной работы.

*Тахеометрической съемкой* называется процесс геодезических измерений на местности, выполняемых для составления топографических планов небольших территорий в масштабах 1 : 500 – 1 : 5000.

Съемочным обоснованием тахеометрической съемки служит теодолитно-нивелирный или тахеометрический ход.

В процессе тахеометрической съемки предметы местности и рельеф снимают одновременно с точек хода, где устанавливается теодолит или тахеометр.

Вокруг станции – точки съемочного обоснования – намечают реечные (пикетные) точки, положение которых наилучшим образом характеризует ситуацию и рельеф местности. Расстояние между реечными точками и их число зависят от рельефа местности, особенностей ситуации, видимости и масштаба съемки.

В процессе съемки нивелирная рейка последовательно устанавливается на выбранные реечные точки. Их плановое положение определяют способом полярных координат: по горизонтальному углу  $\beta$ , измеренному от исходного направления, и по расстоянию от прибора до рейки  $d$  (рис. 23). За исходное принимают направление на смежную точку съемочного обоснования.

Высотное положение определяется тригонометрическим нивелированием путем измерения угла наклона  $\nu$  и наклонного расстояния  $D$ .

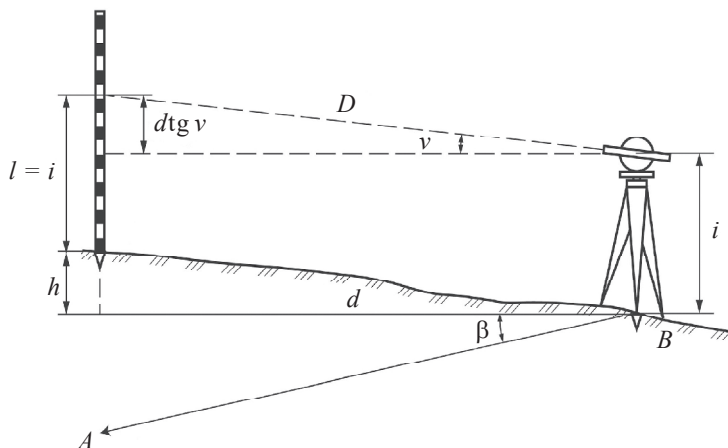


Рис. 23. Схема тахеометрической съемки

Горизонтальные  $\beta$  и вертикальные  $v$  углы измеряют при одном положении вертикального круга теодолита (КЛ). Наклонные расстояния  $D$  измеряют нитяным дальномером. Результаты измерений записывают в журнал тахеометрической съемки (см. на с. 73).

Одновременно для каждой станции составляется абрис – схематический чертеж местности (рис. 24). На абрисе показывают точки съемочного обоснования, исходное направление, реечные точки, контуры и предметы местности, характерные точки и линии рельефа, направления скатов. Абрис выполняют условными знаками с пояснительными надписями, примерно выдерживая масштаб съемки. Рядом с пунктами съемочного обоснования и реечными точками подписываются номера. Нумерация реечных точек сплошная в пределах всей снимаемой территории.

### Тахеометрическая съемка

Для выполнения лабораторной работы выбрать и закрепить на местности две условные точки съемочного обоснования  $A$  и  $B$ .

Порядок проведения работ:

- над точкой съемочного обоснования  $A$  установить и отцентровать теодолит. Привести основную ось прибора в отвесное положение;



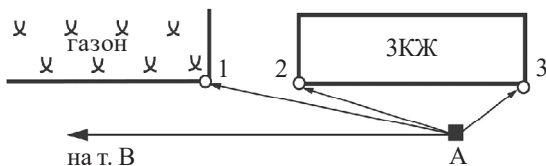


Рис. 24. Абрис тахеометрической съемки

- с помощью нивелирной рейки измерить с точностью до 0,01 м высоту прибора  $i$  от точки  $A$  до горизонтальной оси вращения зрительной трубы теодолита. Отметить на рейке высоту прибора. Измеренное значение высоты записать в журнал тахеометрической съемки;

- определить место нуля  $M_0$  вертикального круга. Для этого взять отсчеты по вертикальному кругу при его положении КЛ и КП. Результаты измерений и вычислений записать в журнал тахеометрической съемки;

- горизонтальный круг теодолита ориентировать так, чтобы при визировании на смежную точку съемочного обоснования  $B$  отсчет по горизонтальному кругу был равен  $0^\circ 00'$ . Для этого:

- поворачивая алидаду, совместить нулевой штрих алидады горизонтального круга с нулевым штрихом лимба;
- закрепить алидаду;
- открепить закрепительный винт лимба;
- навести зрительную трубу на низ рейки, установленной в точке  $B$ ;
- закрепить лимб, принимая направление на точку  $B$  за начальное.

Ориентирование лимба горизонтального круга теодолита выполняют при основном положении вертикального круга. После этого, до окончания работы на станции, **нельзя** пользоваться закрепительным и наводящим винтами лимба;

- выбрать и пронумеровать 3–4 реечные точки. На абрис тахеометрической съемки нанести точки съемочного обоснования и указать положение реечных точек.

- приступая к съемке, теодолит установить в постоянное положение КЛ. На каждой реечной точке последовательно установить нивелирную рейку. Следить за совпадением номеров реечных точек на абрисе и в журнале тахеометрической съемки (см. с. 73).

Наблюдение рейки производить по одной программе:

– навести перекрестие сетки нитей на рейку, установленную на реечную точку. Проверить положение пузырька уровня при алидаде горизонтального круга;

– перекрестие сетки нитей навести на отсчет по рейке, равный высоте прибора  $i$ . Взять отсчеты по вертикальному и горизонтальному кругам и записать их в журнал;

– по рейке взять дальномерный отсчет  $n$ , равный разнице отсчетов по верхней и нижней дальномерным нитям зрительной трубы. По формуле  $D = Kn + c$  определить дальномерное расстояние. Записать в журнал;

- вычислить и записать в журнал углы наклона  $v$ ;
- горизонтальное проложение и превышение вычислить по формулам

$$d = D \cos^2 v,$$

$$h = h' = \frac{1}{2} D \sin 2v$$

при  $l = i$ , где  $l$  – отсчет по рейке. Результаты записать в журнал тахеометрической съемки;

- по окончании работы на станции трубу навести на точку  $B$ . Снять контрольный отсчет по горизонтальному кругу. Расхождение отсчетов на точку  $B$  не должно превышать двойной точности отсчетного приспособления, т. е.  $f_{\beta} \leq 2t$ , где  $t = 1'$ .

## Оформление отчета

Отчет выполняется на листах бумаги или заполняется шаблон.

1. Заполнить журнал тахеометрической съемки и привести пример вычислений. Отметку точки  $A$  выбрать произвольно.

## Журнал тахеометрической съемки

Теодолит \_\_\_\_\_ 2Т30 \_\_\_\_\_

Номер станции	Номер точки наблюдения	Отсчеты по рейке		Расстояние $D$ , м	Горизонтальный круг	Вертикальный круг		МО	Угол наклона $\pm \nu$ , $\sigma'$	$d$ , м	$\pm h$ , м	$H$ , м
		нижний	верхний			КП КЛ	$\sigma'$					
А	В				0°00'	КП	0°09'	0°00'				274,18
1,575						КЛ	-0°09'					
	1	1411	1745	33,4	16°39'	КЛ	-1°34'		-1°34'	33,4	-0,91	273,27
	2	1432	1711	27,9	20°05'		-2°40'		-2°40'	27,9	0,28	274,46
	3	1515	1635	12,0	129°21'		0°35'		0°35'	12,0	-0,56	273,62
	В				359°59'							

2. Начертить абрис.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

*Клюшин Е. Б.* Инженерная геодезия : учеб. для студентов вузов / Е. Б. Клюшин, М. И. Киселев, Д. Ш. Михелев, В. Д. Фельдман ; под ред. Д. Ш. Михелева . – 10-е изд., перераб. и доп. – М. : Академия, 2010. – 496 с.

*Поклад Г. Г.* Геодезия : учеб. пособие для вузов / Г. Г. Поклад, С. П. Гриднев. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Академ. Проект, 2013. – 544 с.

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие .....	3
1. ТОПОГРАФИЧЕСКАЯ КАРТА .....	5
<i>Лабораторная работа 1. Решение инженерных задач     с использованием топографической карты .....</i>	<i>5</i>
2. ГЕОДЕЗИЧЕСКИЕ ИЗМЕРЕНИЯ .....	22
<i>Лабораторная работа 2. Устройство нивелира Н-3.     Нивелирные рейки РН-3 .....</i>	<i>22</i>
<i>Лабораторная работа 3. Поверка и юстировка нивелира Н-3 .....</i>	<i>30</i>
<i>Лабораторная работа 4. Геометрическое нивелирование .....</i>	<i>35</i>
<i>Лабораторная работа 5. Устройство теодолита Т30 (2Т30) .....</i>	<i>43</i>
<i>Лабораторная работа 6. Поверка и юстировка теодолита Т30 (2Т30) .....</i>	<i>49</i>
<i>Лабораторная работа 7. Измерение горизонтальных углов .....</i>	<i>55</i>
<i>Лабораторная работа 8. Измерение вертикальных углов .....</i>	<i>60</i>
<i>Лабораторная работа 9. Тригонометрическое нивелирование .....</i>	<i>64</i>
<i>Лабораторная работа 10. Тахеометрическая съемка .....</i>	<i>69</i>
Список рекомендуемой литературы .....	74

Учебное издание

Букша Ульяна Анатольевна  
Букша Вячеслав Викторович

# ГЕОДЕЗИЯ

Лабораторный практикум

Заведующий редакцией *М. А. Овечкина*  
Редактор *Т. А. Федорова*  
Корректор *Т. А. Федорова*  
Компьютерная верстка *Г. Б. Головина*

Подписано в печать 25.04.18. Формат 60×84/16.  
Бумага офсетная. Цифровая печать.  
Уч.-изд. л. 3,5. Усл. печ. л. 4,42. Тираж 50 экз. Заказ 90.

Издательство Уральского университета.  
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ  
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4.  
Тел.: +7 (343) 389-94-79, 350-43-28  
E-mail: [rio.marina.ovechkina@mail.ru](mailto:rio.marina.ovechkina@mail.ru)

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ  
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4.  
Тел.: +7 (343) 358-93-06, 350-58-20, 350-90-13  
Факс +7 (343) 358-93-06  
<http://print.urfu.ru>



